

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Механіко-машинобудівний інститут**

**Кафедра конструювання машин**

До захисту допущено:

В.о.завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Олександр ОХРІМЕНКО

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломний проєкт**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**за освітньо-професійною програмою «Інструментальні системи та  
технології формоутворення деталей»**

**спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»**

**на тему: «Мітчик для нарізання різі в алюмінієвих сплавах»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) III курсу, групи МІ-п71

Прежиних Кирило Михайлович \_\_\_\_\_

Керівник:

доцент, к.т.н

Слободянюк Іванна Валентинівна \_\_\_\_\_

Рецензент:

\_\_\_\_\_,

\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проєкті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Механіко-машинобудівний інститут**  
**Кафедра конструювання машин**  
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)  
Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»  
Освітньо-професійна програма «Інструментальні системи та технології  
формоутворення деталей»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Олександр ОХРИМЕНКО

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на дипломний проєкт студенту**  
**Прєжиних Кирило Михайлович**

1. Тема проєкту «Мітчик для нарізання різі в алюмінієвих сплавах», керівник проєкту Слободянюк Іванна Валентинівна, доцент, к.т.н, затверджені наказом по університету від «25» травня 2020 р. № 1120-с

2. Термін подання студентом проєкту \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проєкту:

- оброблювана поверхня: матеріал – Д16 ;М14х1,25-6Н ; глибина 30 мм, отвір шлухий.

- інструмент: Мітчик для нарізання різі в алюмінієвих сплавах;

4. Зміст пояснювальної записки: аналіз конструкцій мітчиків для нарізання різі в алюмінієвих сплавах, розробка конструкції мітчика для нарізання різі в алюмінієвих сплавах, технологічна частина, конструкторська складова, поновлення працездатності різального інструменту.

5. Перелік графічного матеріалу: аналіз конструкцій мітчиків для нарізання різі в алюмінієвих сплавах, етапи побудови 3Д моделі інструмента, робоче креслення мітчика для нарізання різі в алюмінієвих сплавах, графічне зображення технологічного процесу, пристосування для фрезерування гвинтових канавок, керуюча програма для верстату з ЧПК.

6. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

#### Календарний план

з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Пр имітка
	Проведення аналізу конструкцій	18.04.2020	
	Розробка конструкції	25.04.2020	
	Етапи побудови 3Д моделі	6.05.2020	
	Технологічна частина	20.05.2020	
	Графічне зображення технологічного процесу	25.05.2020	
	Конструкторська складова	28.05.2020	
	Пристосування для фрезерування гвинтових канавок	31.05.2020	
	Створення керуючої програми на ЧПК	03.06.2020	
	Поновлення працездатності РІ	06.06.2020	
	Оформлення пояснювальної записки та креслень	09.06.2020	

Студент

Кирило ПРЕЖИНИХ

Керівник

Іванна СЛОБОДЯНЮК

Затверджую

Охріменко О.А.

Від «\_\_» \_\_\_\_ 2020р.

Технічне завдання до проекту	
Тема проекту	Мітчик для нарізання різі в алюмінієвих сплавах
Зміст проекту	Розробити мітчик для нарізання різі M14x1.25-6H в алюмінієвих сплавах
Технічні умови до проекту	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Матеріал деталі сталь Д16</li><li>2. Крок різі <math>P=1,25</math></li><li>3. Глибина різі <math>h=30</math></li><li>4. Отвір глухий</li><li>5. Інструмент цільної конструкції</li></ol>
Особливі вимоги	Стружко відвідні канавки гвинтові

ЛИСТ	ЗМІСТ ІЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРІАЛУ
СП	Огляд конструкцій
ОП	1. 3Д модель мітчика 2. Етапи побудови 3Д моделі мітчика 3. Робоче креслення мітчика
СС	Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК на токарну обробку мітчика
КС	Складальне креслення пристосування для фрезерування гвинтових канавок
ТС	Ескізи технологічних операцій: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 025 Фрезерна</li> <li>• 055 Загострювальна</li> <li>• 060 Шліфувальна</li> <li>• 065 Шліфувальна</li> </ul>
ДС	
Студент Прєжиних К.М. _____ дата «__»____2020р. Викладач Слободянюк І.В. _____ дата «__»____2020р.	

Прийняті позначення: СП – стан питання. КС – конструкторська складова. ОП – об’єкт проектування. СС – спеціальна складова. ТС – технологічна складова. ДС – дослідницька складова.

### **Анотація**

Метою дипломного проекту є розроблення мітчика для нарізання різі в алюмінієвих сплавах. В дипломі була спроектована конструкція інструменту, яка б забезпечила необхідні параметри різьового отвору. Був проведений аналіз конструкцій, виконані необхідні проектні розрахунки, створена 3-D модель інструменту, розроблений технологічний процес, спроектовано пристосування для фрезерування гвинтових канавок, розроблена керуюча програма для верстата з ЧПК, визначені режими різання при роботі інструменту, та визначена стійкість при даних режимах.

Ключові слова: мітчик, різь, різьба, алюміній, нарізання різі, верстат з ЧПУ.

### **Annotation**

The aim of the diploma project is to develop a tap for cutting threads in aluminum alloys. The diploma designed the design of the tool, which would provide the necessary parameters of the notch. The analysis of structures was performed, the necessary design calculations were performed, a 3-D model of the tool was created, a technological process was developed, a device for milling screw grooves was designed, a control program for a CNC machine was developed, cutting modes were determined and stability was determined.

Key words: tap, thread, thread, aluminum, thread cutting, CNC machine.

## Зміст

ВСТУП .....	8
1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ.....	10
1.1 Експлуатаційні вимоги до різьби та оброблювального матеріалу ....	10
1.2 Аналіз конструкцій інструментів для обробки різьбових отворів.....	13
1.3 Обґрунтування вибору конструкції.....	17
2 ПРОЕКТНИЙ РОЗРАХУНОК ІНСТРУМЕНТУ МІТЧИК.....	18
2.1 Вибір інструментального матеріалу.....	18
2.2 Розрахунок і вибір конструктивних і геометричних параметрів .....	19
2.3 Визначення режимів різання і зусиль, з якими працює інструмент..	27
2.4 Технічні вимоги на виготовлення інструмента.....	28
3 АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ.....	30
3.1 Вибір системи автоматизованого проектування.....	30
3.2 Проектування інструменту – Мітчик .....	30
4 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ІНСТРУМЕНТУ - МІТЧИК .....	37
4.1 Розробка технології виготовлення інструменту .....	37
4.2 Визначення режимів різання.....	39
4.3 Розрахунок припусків на механічну обробку .....	43
5 РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ НА ВЕРСТАТ З ЧПК.....	46
5.1 Характеристики обладнання .....	46
5.2 Створення керуючої програми на верстат з ЧПК.....	47
6 ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ІНСТРУМЕНТУ МІТЧИК.....	51
6.1 Визначення схеми заточування мітчика .....	51
6.2 Контроль геометрії заточеного мітчика.....	52
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	53
Додатки.....	55

## ВСТУП

Нарізання різі мітчиками є простим, широко відомим і високоефективним методом отримання внутрішньої різі. Даний метод пропонує продуктивне і економічне нарізання різі, завдяки невеликому часу простою обладнання, високій швидкості різання і тривалого періоду стійкості інструменту. Важливими характеристиками кожного типу мітчика є його матеріал, покриття і геометрія. Мітчик, призначений для певної області застосування і працює з високою ефективністю тільки при нарізанні різі в одному матеріалі або при одних умовах, не зможе забезпечити той же рівень ефективності при обробці іншого матеріалу або при інших умовах різання. Мітчиками можна отримати більшість профілів різі, вони підходять для всіх типів верстатів як з обертовими, так і з необертовими заготовками.

Мітчики, оптимізовані для обробки певної групи матеріалів

Призначені для багатосерійного виробництва, коли різь нарізається в одних і тих же деталях з одного і того ж матеріалу, або коли пред'являються специфічні вимоги.

Висока продуктивність і стійкість інструменту.

Скорочений час простоїв верстата.

Високоефективний процес обробки.

Підвищена продуктивність завдяки високим швидкостям різання.

Оптимальна працездатність завдяки спеціалізованим для кожного матеріалу конструкцій і покриттів. Мітчики, оптимізовані для обробки декількох груп матеріалів

Призначені для дрібно- або среднесерійного виробництва, коли різьблення нарізається в різних деталях з різноманітних матеріалів.

Підходить для широкого діапазону матеріалів.

Зменшує номенклатуру інструменту і мінімізує витрати.

Забезпечує високу стабільну стійкість інструменту.

Забезпечує стабільний процес обробки завдяки унікальній різальній геометрії.



Метою дипломного проекту розробка мітчика з гвинтовими стружковими канавками, для обробки отворів в деталях з алюмінієвого сплаву Д16. Для досягнення поставленої мети в дипломному проекті необхідно вирішити такі задачі:

- Виконати аналіз конструкцій інструментів, що використовується для обробки різьбових отворів;
- виконати проектний розрахунок конструкції мітчика;
- Розробити технологія виготовлення мітчика з гвинтовими стружковими канавками;
- Вдосконалити конструкцію верстатного пристосування для проведення операції фрезерування стружкових гвинтових канавок, виконанати розрахунок сили затиску та точності базування.

# 1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ

## 1.1 Експлуатаційні вимоги до різьби та оброблювального матеріалу

Експлуатаційні вимоги до різей залежать від нарізних з'єднань та їх призначення. Спільними для всіх різей є надійності, згвинчуваність та довговічності. Дійсний характер взаємного контакту бічних сторін профілю різьби на довжині згвинчування, тобто посадки, визначають не лише дійсні значення, але і відхилення кроку і половини кута профілю різі з'єднаних деталей, тому характер посадки нарізного з'єднання залежить від зазору або натягу.

Система допусків і посадок метричної різі діаметром до 600 мм базуються на міжнародних стандартах. Ця система регламентована ГОСТ 16093-81 – посадки із зазором, ГОСТ 4608-81 – посадки з натягом і ГОСТ – 24834-81 – перехідні посадки.

Основні параметри та характеристики кріпильних циліндричних різей.

Основні параметри різьби (рис.1.1):

- $d_2 (D_2)$  – середній діаметр;
- $d (D)$  – зовнішній діаметр;
- $d_1 (D_1)$  – внутрішній діаметр;
- $P$  – крок різьби;
- $\alpha$  – кут профілю;
- $H$  – висота початкового трикутника;
- $H_1$  – робоча висота профілю;
- $R$  – номінальний радіус закруглення западини внутрішньої різьби.

Профіль метричної різі для діаметрів від 0,25 до 600 мм і розмірів його елементів ( $H=0,8660254P$ ;  $H_1=5/8H=0,541265877P$ ;  $R = H/8=0,144337567P$ ) регламентовано ГОСТ 9150-81, який передбачає зрізи вершин різі однакові  $H/4$  у гайки й  $H/8$  у болта.

Різьбові з'єднання з таким профілем відрізняються підвищеною міцністю порівняно з різзю, що має менші зрізи; полегшується утворення зовнішньої різьби накопченням і внутрішньої різьби нарізуванням. Метрична різьба при статичних навантаженнях має запас самогальмування.

Реальний профіль западин зовнішньої різьби, що відрізняється від номінального, ні в одній точці не повинен виходити за лінію плоского зрізу на відстані  $H/4$  від вершини початкового трикутника, а реальний профіль внутрішньої різьби — за лінію плоского зрізу на відстані  $H/8$  від вершини початкового трикутника (рис.1.1). Западини зовнішньої різьби виконують плоско зрізаними або закругленими.

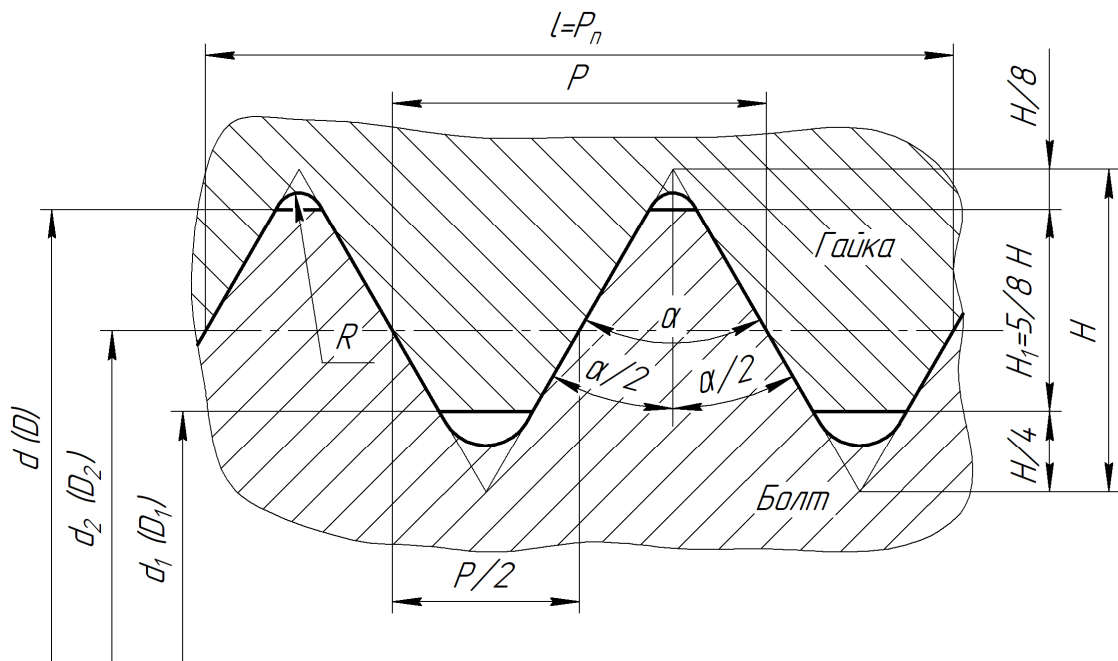


Рисунок 1.1 Основні параметри різьби

Форма западини різьби впливає на циклічну довговічність болтів. Найменшу циклічну довговічність мають болти з плоскою западиною профілю, найбільшу з западиною, обкресленою радіусом  $R = H/4 \cdot 0,216P$  (при закругленій западині різьби значно зменшується концентрація напружень). Статична міцність болтів із закругленою западиною трохи перевищує міцність болтів з плоским зрізом западини (різниця обумовлена лише збільшенням діаметра  $d_1$  болта).

Д16 - це сплав алюмінію з магнієм і міддю. Такі сплави називаються дюраль, а дюралі застосовуються як конструкційні сплави в авіаційній і космічній промисловості, завдяки їх міцності і відносній легкості.

Сплав класифікується як міцний термоупрочнюваний, але не призначений для зварювання. Однак, його можна зварювати точковим зварюванням, хоча в більшості випадків деталі з нього закріплюються за допомогою кріплень. Також з Д16 можуть виготовляти і самі кріплення у вигляді заклепок з антикорозійним покриттям. Сплав легко обробляється різанням. [20].

Алюмінієвий сплав В95, зважаючи на його високу міцності, широко використовується в авіаційній, космічній та ракетних областях промисловості. З нього виготовляють основні силові елементи для цивільних і надзвукових літаків - обшивку, шпангоути, стрингери, лонжерони, лопаті, які працюють в умовах постійного стиснення і температурі навколишнього середовища не вище 100-120°. Пресовані напівфабрикати В95 йдуть на виробництво килей великогабаритних літаків. Властивості матеріалу В95 наведено в таблиці 1 відповідно до ГОСТ 4784-97.

Таблиця 1. Властивості алюмінію Д16.

Хімічний склад у % матеріала Д16

Fe	Si	Mn	Cr	Ti	Al	Cu	Mg	Zn	Домішок	
До 0,5	До 0,5	0,3-0,9	До 0,1	До 0,15	90,9-94,7	3,8-4,9	1,8-2,8	До 0,25	Інші, кожна 0,05; всього 0,15	Ti+Zr <0,2

Al – основа, відсотковий вміст Al дано приблизно

Твердість Д16	НВ $10^{-1}$ = 42 МПа
Твердість Д16Т після закалювання і саріння	НВ $10^{-1}$ = 105 МПа

#### Фізичні властивості матеріала В95

T	E 10 <sup>-5</sup>	$\alpha$ 10 <sup>6</sup>	$\lambda$	$\rho$	C	R10 <sup>9</sup>
Град	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м <sup>3</sup>	Дж/(кг/град)	Ом·м
20	0,72			2800		
100		22,9	130		0.922	

Алюмінієвий сплав Д16 зміцнюється в процесі термічної обробки:

- гартування з нагріванням до 485-503 °С;
- охолодження в підігрітій воді до 100 °С;
- штучне старіння при температурі 185-195 °С; протягом 68 год.

Залежно від товщини і структури сплаву, час витримки і гарту може змінюватися. При цьому ніколи не використовується природне старіння, оскільки не вдається отримати максимальну міцність і антикорозійність сплаву, навіть при тривалій витримці.

## 1.2 Аналіз конструкцій інструментів для обробки різьбових отворів

### 1.2.1 Мітчики

Мітчики широко використовуються в машинобудуванні для нарізання різей в отворах, вони відрізняються геометричними параметрами та за конструкцією.

Мітчик (рис. 1.2) – це гвинт, перетворений в інструмент шляхом прорізання стружкових канавок і створення на різальних зубах передніх, задніх та інших кутів. Для кріплення на станку він оснащений хвостовиком. Різальна частина мітчика виготовляється з швидкорізальної сталі, рідше з твердого сплаву [ГОСТ 3266-81].



Рисунок 1.2 Мітчики з гвинтовими канавками (1) та з прямими канавками від «Yamawa»

Умови різання при знятті стружки за допомогою мітчика ускладнені оскільки наявні великі сили різання і тертя, а також проблемне видалення стружки. Крім того, мітчики мають знижену міцність через потоншення перетину. Негативний вплив цього відчутний при нарізанні різьби у в'язких матеріалах мітчиками маленьких діаметрів, які часто виходять з ладу через зминання стружки.

Переваги мітчиків:

- простота і технологічність конструкції,
- нарізають різь за рахунок самоподачі,
- висока точність різі, що залежить від точності виготовлення самого мітчиків.

По конструкції та застосуванню поділяють на наступні типи [2]:

- ручні, з ручним приводом, виготовлені комплектами з двох або трьох мітчиків;
- машинно-ручні, одинарні або в комплектації з двох мітчиків з ручним або машинним приводом;
- машинні одинарні – зі машинним приводом;
- гайкові – для нарізання різьби в гайках на спеціальних верстатах;
- плашкові та маточні – для нарізання і, відповідно, калібрування різьблення в різьбонарізних плашках;

– спеціальні – для нарізання різі різних профілів: трапецеїдальних, круглих, упорних і т.д., а також збірні регульовані, мітчики – протяжки, конічні мітчики та ін.

### 1.2.2 Різьбонарізні різці

Різьбонарізний різець для внутрішньої різьби (рис.1.3) є вузькоспеціалізованим токарним інструментом, який застосовується в багатьох сферах. З його допомогою можна нарізати внутрішню різьбу практично будь-якого діаметру, якщо це дозволяє заготовка і правильно підібраний інструмент [ГОСТ 18876-73].

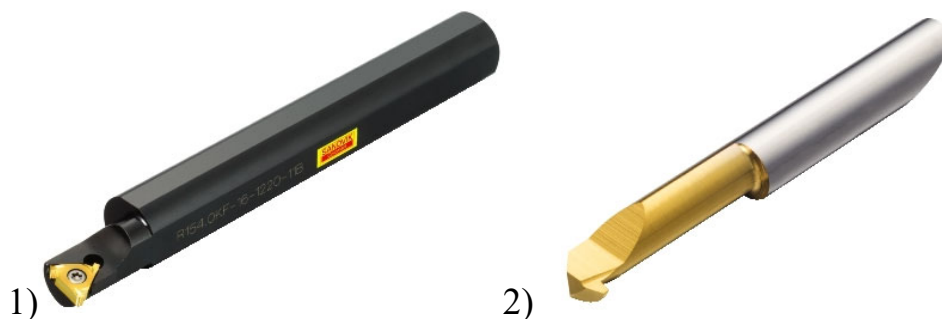


Рисунок 1.3 Різьбонарізні різці T-Max U-Lock (1) та CoroTurn XS (2) від «Sandvik Coromant»

Різець внутрішній різьбовий застосовується для того, щоб створювати діаметральні канавки на внутрішній поверхні заготовок, по яким потімбудуть з'єднуватись деталі. Результат нарізання різі залежить від того, на якому обладнанні буде відбуватися процес нарізання і які режими роботи застосовувати. Різьбонарізним різцем можна отримати не лише стандартну різьбу, але і спеціальні.

### 1.2.3 Різьбонарізні фрези

Різьбонарізні фрези (рис. 1.4) – застосовують для нарізання зовнішніх і внутрішніх різьб різного кроку на циліндричних і конічних поверхнях заготовок [ГОСТ 1336-77].



Рисунок 1.4 Різьбонарізна фреза

Ці фрези можуть бути набіром дискових фрез, виконаних на спільній осі з профілем зубів, який відповідає профілю різьби. Для створення зрізальних кромок вздовж осі фрези прорізають прямі або гвинтові стружкові канавки. Для створення задніх кутів зуби затилують по Архімедовій спіралі.

Недоліком цих фрез – є спотворення кута профілю різьби через небіжність траєкторії точок різальних кромок з кривою різі, що отримується в перерізі, перпендикулярному до осі заготовки. Різниця наступна, у фрези траєкторія - коло, у нарізаємої різі - спіраль Архімеда. Величина похибки достатньо мала 3...4' – для зовнішньої і 7...9' – для внутрішньої різьби. Зазвичай вона входить в межі допуску на кут профілю різьби з дрібним кроком.

Дискові застосовують при нарізанні різьби на глибину більше 3-х діаметрів, і частіше великих діаметрів. Їх також часто використовують при нарізанні черв'яків, ходових гвинтів і т.д. Завдяки тому, що фрези – багатозубі інструменти, працюють з великими подачами і нарізають різьбу за один прохід, їх продуктивність в порівнянні з різцями значно вище.



### **1.3 Обґрунтування вибору конструкції**

Даний мітчик використовується для обробки внутрішніх різей. Для різей із кроком до 3 мм включно мітчики виготовляють комплектом із двох штук, для різі із кроком понад 3 мм - комплект із трьох штук. Мітчик має прямі стружкові канавки і хвостовик із квадратом.

Даний мітчик використовується для нарізання різі М14-6Н і має третій клас точності (Н3). Вибір даної конструкції інструменту обумовлений матеріалом заготовки (д16), глухим типом отворів, кроком різі (1,25).

Даний мітчик виготовляється цільним із швидкорізальної сталі Р6М5 (ГОСТ 19265-73). Технічні вимоги на виготовлення інструмента за ГОСТ 3449-84Е.

## 2 ПРОЕКТНИЙ РОЗРАХУНОК ІНСТРУМЕНТУ МІТЧИК

### 2.1 Вибір інструментального матеріалу

Швидкорізальні сталі – мають достатню теплостійкість, твердість, міцність, зносостійкістю і в'язкість, що в сумі дає високу працездатність виготовленого з них інструменту. Підвищена теплостійкість і зносостійкість в порівнянні з легованими інструментальними сталями, визначається наявністю вольфраму і молібдену. А ще, теплостійкість цих сталей забезпечується термообробкою. Збільшення вмісту вуглецю призводить до підвищення твердості, теплостійкості, але призводить до крихкості інструменту.

У позначення марки швидкорізальної сталі входить позначення хімічних елементів, де число після букви «Р» позначає процентний вміст вольфраму, а число після «М» – вміст молібдену.

Твердість робочої частини HRC 63... 66

Твердість хвостової частини HRC 37... 52

Хімічний склад сталі Р6М5 наведено в табл. 2.1 за ГОСТ 19265-73

Таблиця 2.1 Хімічний склад сталі Р6М5

Хімічний елемент	%
Вуглець (C)	0.82 - 0.90
Марганець (Mn)	0.20 - 0.50
Кремнію (Si)	0.20 - 0.50
Хром (Cr)	3.80 - 4.40
Вольфрам (W)	5.50 - 6.50
Ванадій (V)	1.70 - 2.10
Кобальт (Co)	Не більше 0.50
Молібден (Mo)	4.80 - 5.30

## 2.2 Розрахунок і вибір конструктивних і геометричних параметрів

Незважаючи на велику різноманітність мітчиків, їх розрахунок має загальні етапи[2]:

1. Визначення параметрів нарізного сполучення і параметрів різьби деталі.
2. Вибір типу мітчика, визначення кількості мітчиків в комплекті і розподіл навантаження між ними.
3. Вибір схеми різання та визначення розмірів різальної частини мітчика.
4. Розрахунок діаметрів різблення мітчика і призначення на них допусків.
5. Розрахунок інших конструктивних елементів мітчика (форма і розміри стружкових канавок, геометрія різальних зубів, розміри калібрувальної і хвостовій частині та ін.).
6. Виконання робочого креслення мітчика.
7. Вибір або проектування патрона для закріплення мітчика на верстаті.

Визначення параметрів внутрішньої різьби деталі

Номинальний середній  $D_2$  і внутрішній  $D_1$  діаметри різьби визначаються за таблицею з ГОСТ 8724–2002 знаючи зовнішній діаметр різі M14x1.25:

$D = 14$  мм – зовнішній діаметр різі

$D_2 = 13,188$  мм – середній діаметр різі

$D_1 = 12,647$  мм – внутрішній діаметр різі

Знаходимо по [3, табл. 1.16 (ГОСТ 16093–2004)] допуск на середній діаметр різі в деталі ступінь точності 6Н –  $TD_2 = 0,180$  мм.

Визначаємо клас точності мітчика за [3, табл. 1.15] в залежності від різі що надрізається 6Н, потрібний клас точності мітчика – 3.

Вибір типу мітчика, визначення кількості мітчиків в комплекті і розподіл навантаження між ними.

Вибір типу мітчика проводиться відповідно до рекомендацій, викладених в підрозділ. 1.1 і в довіднику [2, табл. 11.7].

Вибираємо Мітчики машинні зі швидкорізальної сталі із гвинтовими канавками (ГОСТ 17933-72) у наскрізних і глухих отворах.

Мітчики з дрібної метричної різьбою, а також всі машинні  
рекомендується виготовляти: для глухих отворів - комплект з 2 шт., а для  
наскрізних - 1 шт.

Остаточне рішення про кількість мітчиків в комплекті приймається  
після перевірки виконання умови [3]

$$M_p \leq M_{кр} \quad (2.1)$$

де  $M_p$  - крутний момент нарізання різі;

$M_{кр}$  – критичний крутний момент [3, табл. 1.5],  $M_{кр} = 64,0$  Нм

$$M_p = C_M \cdot d^{q_M} \cdot P^{y_M} \cdot K'_M \cdot K_3 \quad (2.2)$$

де  $d$  - зовнішній діаметр різі, мм ( $d = D$ );

$P$  - крок різі;

$C_M$ ,  $q_M$ ,  $y_M$  - коефіцієнт і показники ступеня, що враховують матеріал  
заготовки і робочої частини мітчика [3, табл. 1.4];

$K'_M$  - коефіцієнт, що враховує тип мітчика і матеріал що оброблюється  
[3, табл. 1.4];

$K_3$  - коефіцієнт, що враховує вплив затуплення мітчика [3, табл. 1.4];

Вибираємо по таблицям коефіцієнти:

$d = 14$  мм,  $P = 1,25$  мм,  $C_M = 0,22$ ,  $q_M = 1,2$ ,  $y_M = 1,5$ ,  $K'_M = 0,7$ ,  $K_3 = 3$ .

$$M_p = 0,22 \cdot 14^{1,2} \cdot 1,25^{1,5} \cdot 0,7 \cdot 3 = 15,32 \text{ Нм} \quad (2.3)$$

Перевіряємо виконання умови (2.1):

$$15,32 \leq 64,0 \quad (2.4)$$

Умова виконується, тобто можливо виконання мітчика який знімає всі  
100% припуску.

Вибираємо кількість зубів (пер) для М14 з дрібним кроком  $P = 1,25$  мм  
різі по [3, табл. 1.8], і приймаємо  $Z=3$ .

Для мітчика класу точності 3 по [3, табл. 1.18] знаходимо формулу  
розрахунку нижнього відхилення на середній діаметр мітчика:

$$eid_2 = +0,5 \cdot TD_2 = +0,5 \cdot 0,180 = +0,09 \text{ мм} \quad (2.5)$$

За формулою [3, (1.18)] знаходимо допуск на середній діаметр мітчика:

$$Td_2 = 0,2 \cdot TD_2 = 0,2 \cdot 0,180 = 0,032 \text{ мм} \quad (2.6)$$

Підставивши числові значення величин у формулу [3, (1.17)], знайдемо середній діаметр різи мітчика:

$$\begin{aligned} d_2 &= (D_2 + eid_2 + Td_2)_{-Td_2} = \\ &= (13,188 + 0,09 + 0,032)_{-0,032} = 13,310_{-0,032} \text{ мм} \end{aligned} \quad (2.7)$$

Верхнє відхилення на середній діаметр мітчика визначимо за формулою [3, (1.19)]:

$$esd_2 = 0,09 + 0,032 = 0,122 \text{ мм} \quad (2.8)$$

Гарантований запас на знос по середньому діаметру:

$$\Delta_2 = esd_2 - eid_2 = 0,122 - 0,09 = 0,032 \text{ мм} \quad (2.9)$$

За формулою [3, (1.23)] знаходимо нижнє відхилення на зовнішній діаметр мітчика:

$$eid = 0,4 \cdot TD_2 = 0,4 \cdot 0,180 = 0,072 \text{ мм} \quad (2.10)$$

Визначаємо допуск на зовнішній діаметр різьби мітчика по формулі [3, (1.24)]:

$$Td = 0,3 \cdot TD_2 = 0,3 \cdot 0,180 = 0,054 \text{ мм} \quad (2.11)$$

Підставивши чисельні значення величин у формулу [3, (1.22)], знайдемо зовнішній діаметр мітчика:

$$\begin{aligned} d' &= (D + eid + Td)_{-Td} = \\ &= (14 + 0,072 + 0,054)_{-0,054} = 14,126_{-0,054} \text{ мм} \end{aligned} \quad (2.12)$$

Внутрішній діаметр  $d_1 = D_1 = 12,647$  мм. Допуск на  $d_1$  не має нижнього відхилення.

Різальна частина мітчика

При одинарно-генераторної схемою кожен зуб зрізає стружку різної ширини  $b_Z$  та має однакову товщину  $a_Z$  (Рис. 2.1). Для некоригованих машинно-ручних та машинних мітчиків  $a_Z$  визначається за формулою:

$$a_Z = \left( \frac{P}{Z} \right) \cdot \sin \varphi \quad (2.13)$$

Основними параметрами різальної частини мітчиків є кут  $\varphi$  і довжина різальної частини  $L_1$ . Взаємозв'язок між ними визначається за формулою [3, (1.6)]:

$$\varphi = \arctg \left( \frac{d - d_T}{2 \cdot L_1} \right) \quad (2.14)$$

де  $L_1$  – довжина різальної частини, мм;

$d_T$  – діаметр різальної частини на передньому торці, мм;

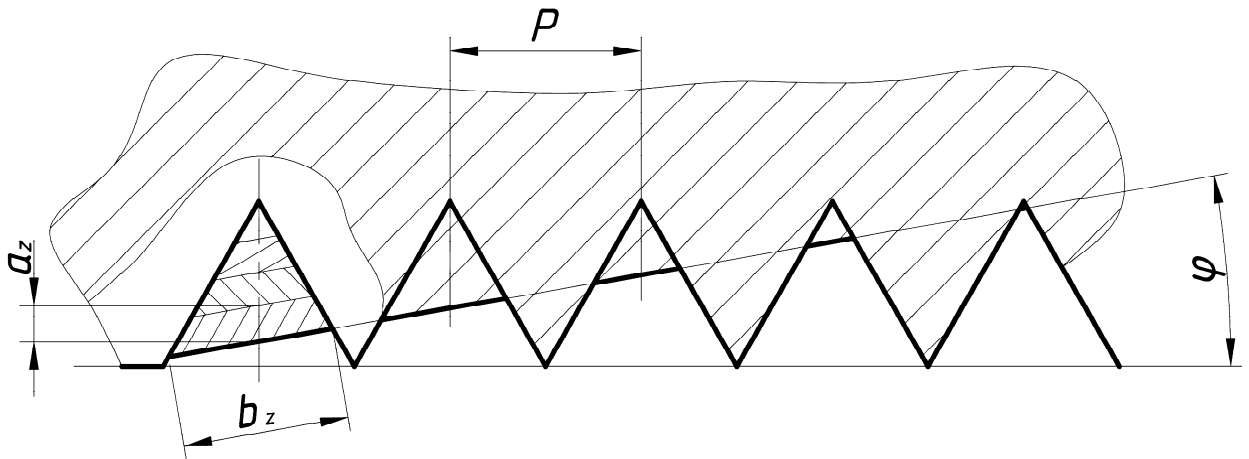


Рисунок 2.1 Одинарно-генераторна схема утворення профілю різи мітчика

Отже, за [3, табл. 1.9] вибираємо довжину різальної частини мітчика:

$$L_1 = 3P = 3 \cdot 1,25 = 3,75 \text{ мм} \quad (2.15)$$

За формулою з [3, табл. 1.8] знаходимо торцевий діаметр мітчика:

$$d_T = 12,647 - 0,147 = 12,5 \text{ мм} \quad (2.16)$$

Підставляємо числові значення  $d$ ,  $d_T$  і  $L_1$  в формулу [3, (1.6)], знайдемо:

$$\varphi = \arctg \left( \frac{14,126 - 12,5}{2 \cdot 3,75} \right) = 0,213496 \text{ rad} = 12,23^\circ \quad (2.17)$$

За [3, табл. 1.12] вибираємо формулу для визначення діаметрів серцевини мітчика:

$$d_c = (0,38 - 0,40)d = 0,39 \cdot 14,126 = 5,509 \text{ мм} \quad (2.18)$$

Вибираємо чисельні значення інших параметрів профілю канавки для мітчика діаметром з [3, табл. 1.13].

Таблиця 2.2 Розміри профілю стружкових канавок, мм

$d$	$d_c$	$z$	$x$	$y$	$r$	$H$	$X1$	$Y1$	$r1$
14,126	5,509	3	4,16	2,0	2,0	6,19	3,0	10,5	10,5

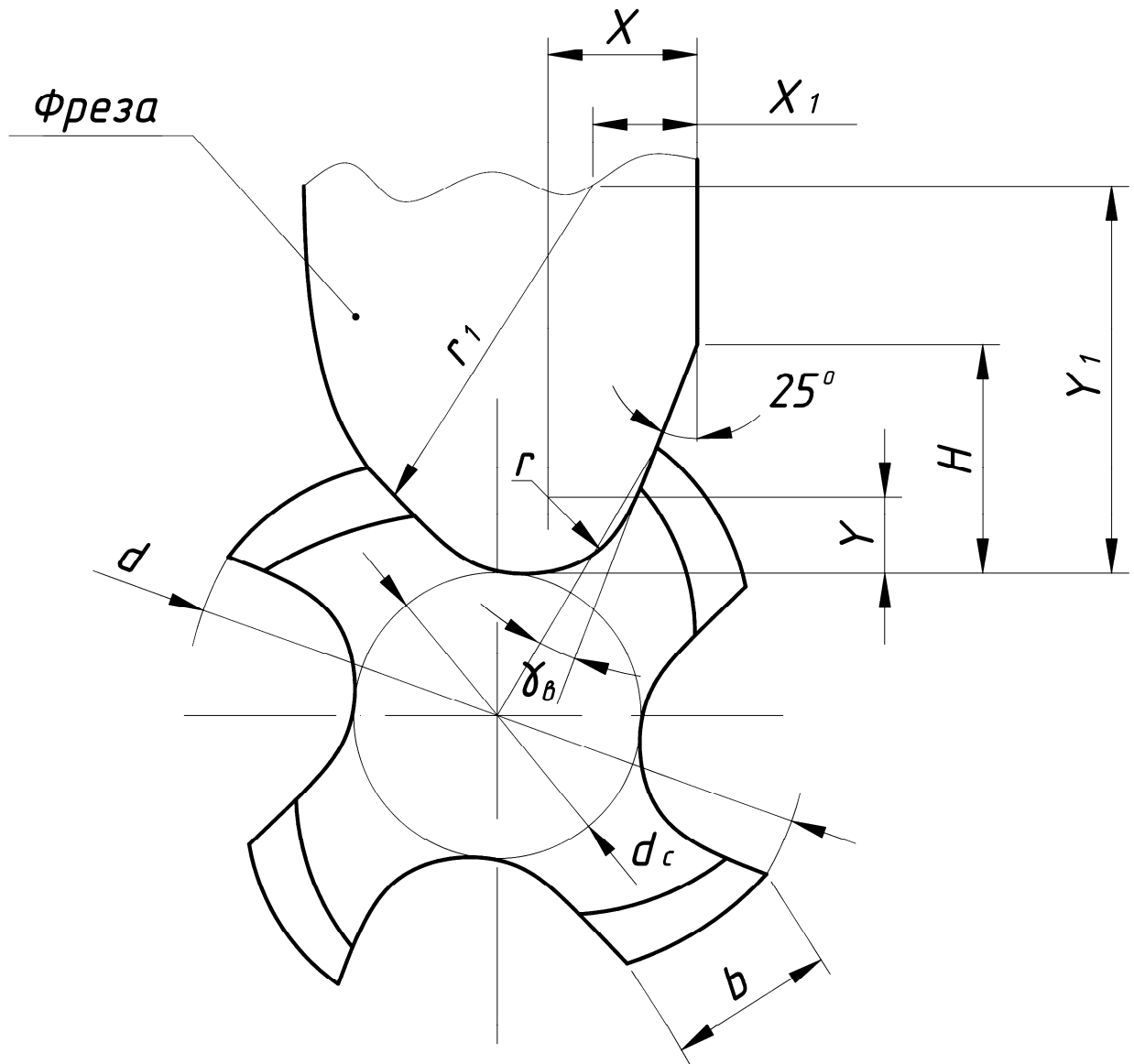


Рисунок 2.2 Профіль стружкових канавок мітчика і зубів фасонної фрези

## Розрахунок калібрувальної частини

Довжина частини що калібрує може бути визначена за формулою:

$$L_2 = L_{min} + i \cdot H_{\Pi} \quad (2.19)$$

де  $L_{min} = 0,5 \cdot d$  довжина калібрувальної частини;

$H_{\Pi}$  – припуск на одне переточування [4];

$i$  – кількість переточувань [4];

Але рекомендується вибрати  $L_2$  за ГОСТ 3266–81 в залежності від зовнішнього діаметра різи [3, табл. 1.11]:

$$L_2 = d = 14 \text{ мм} \quad (2.20)$$

Ширина зуба (пера):

$$b = (0,30 - 0,32)d = 0,3 \cdot 14,126 = 4,2378 \text{ мм} \quad (2.21)$$

Вибираємо кут нахилу стружкових канавок. Величина кута нахилу залежить від виду оброблюваного матеріалу. Для легких сплавів і в'язких матеріалів  $\omega = 25 - 30^\circ$ . Вибираємо  $\omega = 30^\circ$ .

Передній кут [3, табл. 1.14]:

$$\gamma_B = 10^\circ. \quad (2.22)$$

Задній кут [3, табл. 1.14]:

$$\alpha_B = 11^\circ \quad (2.23)$$

Падіння потилиці на найбільшому діаметрі різальної частини:

$$K = \left( \pi \cdot \frac{d}{z} \right) \cdot \operatorname{tg}(\alpha_B) = \left( 3,14 \cdot \frac{14,126}{3} \right) \cdot \operatorname{tg}(11^\circ) = 2,874 \text{ мм} \quad (2.24)$$

Приймаємо  $K = 3 \text{ мм}$  і визначаємо дійсні значення заднього кута

$$\alpha_B = \operatorname{arctg} \frac{K \cdot z}{\pi \cdot d} = \operatorname{arctg} \frac{3 \cdot 3}{3,14 \cdot 14,126} = 11,47^\circ \quad (2.25)$$

Оскільки діаметр мітчика більше 3 мм, профіль його різи повинен бути шліфований (затилований) «нагостро» з падінням затилку на ширині пера (зуба)  $K1 = 0,01 - 0,1 \text{ мм}$ . Приймаємо  $K1 = 0,05 \text{ мм}$ .

Діаметр хвостовика:

$$d_3 = d_1 - (0,25 - 1,5) = 12,647 - 1,5 = 11,147 \text{ мм} \quad (2.26)$$

По ГОСТ 9523-84 вибираємо, рекомендоване значення  $d_3 = 11,2 \text{ мм}$ .

Розмір квадрата на хвостовику знаходимо по ГОСТ 9523-84 в залежності від  $d_3$ ,  $a = 9 \text{ мм}$ .

Висоту квадрату теж вибираємо по ГОСТ 9523-84 в залежності від  $d_3$ ,  $l = 12 \text{ мм}$ .

За ГОСТ 3266-81 знаходимо довжину мітчиків для нарізання різи М14 з кроком  $P = 1,25 \text{ мм}$ :  $L = 95 \text{ мм}$ .



Перевіряємо за формулою [3,(1.28)]:

$$L = L_{\text{Ц}} + L_{\text{К}} + L_1 + L_{\text{В}} + L_{\text{Р}} + L_{\text{Т}} + L_{\text{Хп}} \quad (2.27)$$

де  $L_{\text{Ц}}$  - довжина цапфи, (немає);

$L_{\text{К}}$  – ширина канавки для виходу шліфувального круга, (немає);

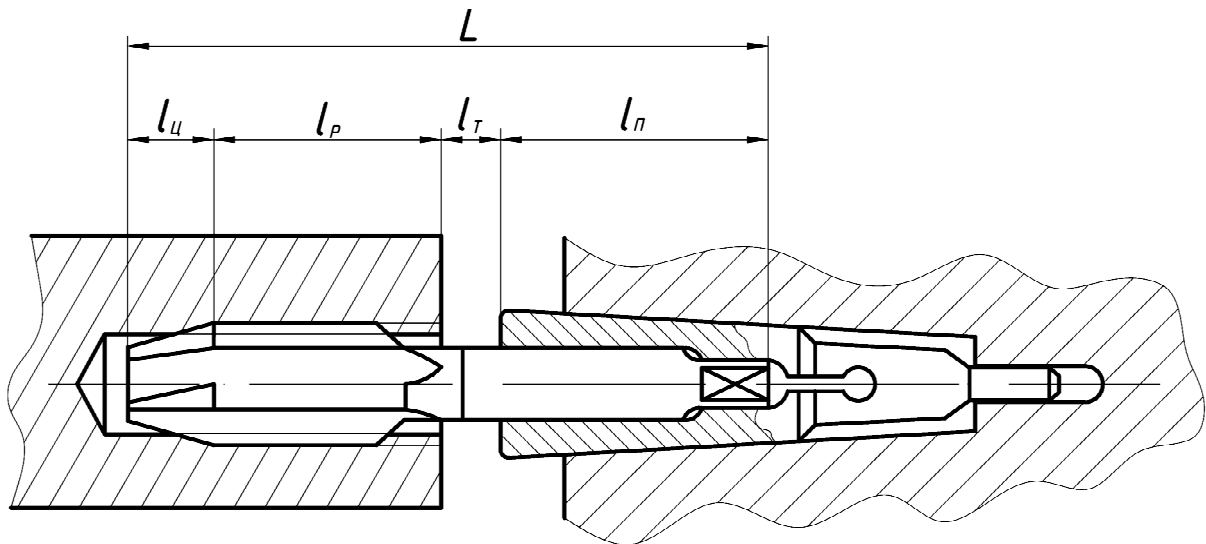
$L_1 = 3,75$  мм – довжина різальної частини;

$L_{\text{В}}$  – довжина виходу калібрує мітчика з отвору, (немає);

$L_{\text{Р}}$  – довжина різі з повним профілем в заготовці. Якщо отвір розташований всередині заготовки, то замість  $L_{\text{Р}}$  слід брати відстань  $L_3$  з ГОСТ 3266-81.  $L_{\text{Р}} = L_3 = 19$  мм;

$L_{\text{Т}}$  - відстань від торця патрона до заготовки,  $L_{\text{Т}} = 5-10$  мм;

$L_{\text{Хп}} = 26$  мм - довжина хвостової частини, що знаходиться в патроні або в цанзі [3, табл. 1.24].



Перевіряємо значення  $L$  розрахунком за формулою [3,(1.28)]:

$$L = 0 + 0 + 3,75 + 0 + 19 + 10 + 26 = 58,75 \text{ мм.}$$

З двох значень приймаємо більше:  $L = 95$  мм.

Знаючи довжину мітчика, визначимо величину зміщення заднього центра Різьбошліфувального верстата для створення зворотної конусності  $K_0 = 0,05 - 0,1$  мм на умовній довжині різі  $L_y = 100$  мм по формулі

$$S = \left( L \cdot \frac{K_0}{L_y} \right) = 95 \cdot \frac{0,1}{100} = 0,095 \text{ мм} \quad (2.28)$$

Результати розрахунку мітчиків представлені в табл. 2.3.

Найменування і позначення конструктивного і геометричного параметра	
Крок різьби $P$ , мм	1,25
Кут профілю різі $\varepsilon$ , градус	60
Зовнішній діаметр $d'$ , мм	14,126 <sub>-0,054</sub>
Середній діаметр $d_2$ , мм	13,310 <sub>-0,032</sub>
Внутрішній діаметр $d_1$ , мм	12,647
Число зубів $z$	3
Довжина різальної частини $L_1$ , мм	3,75
Кут забірного конуса $\varphi$ , градус	12,23°
Діаметр торця $d_T$ , мм	12,5
Діаметр серцевини $d_C$ , мм	5,509
Ширина зуба $b$ , мм	4,2378
Довжина калібрувальної частини $L_2$ , мм	14
Кут нахилу стружкових канавок $\omega$ , градус	30°
Передній кут $\gamma_B$ , градус	10°
Задній кут $\alpha_B$ , градус	11,47°
Падіння потилиці на різальній частини $K$ , мм	3
Падіння потилиці на вершині зуба каліброваної частини (на ширині пера) $K_1$ , мм	0.05
Діаметр хвостовика $d_3$ , мм	11,2
Розмір квадрата $a$ , мм	9
Висота квадрата $h$ , мм	12
Діаметр дна канавки $d_4$ , мм	10
Радіус дна канавки $R$ , мм	4,5
Відстань від торця до середини канавки $L_3$ , мм	19
Довжина мітчика $L$ , мм	95
Зсув заднього центру верстата $S$ , мм	0,095

### 2.3 Визначення режимів різання і зусиль, з якими працює інструмент.

Швидкість різання при нарізуванні метричного різьби мітчиками [6]:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v \quad (2.29)$$

Де  $C_v = 20,0$ ;  $y = 0,5$ ;  $q = 1,2$ ;  $m = 0,9$ ;  $T = 90$  хв (див.[6, табл. 2.109]).

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{tv} = 0,8 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,64 \quad (2.30)$$

Де  $K_{mv} = 0,8$  - коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу (див.[6, табл. 2.1 - 2.4]);

$K_{uv} = 1$  - коефіцієнт, що враховує матеріал різальної частини інструменту (див.[6, табл. 2.6]);

$K_{tv} = 0,8$  - коефіцієнт, що враховує точність різі що нарізається (див.[6, табл. 2.110]).

Отже:

$$v = \frac{20 \cdot 14^{1,2}}{90^{0,9} \cdot 1,25^{0,5}} \cdot 0,64 = 4,74 \frac{м}{хв}$$

Крутний момент при нарізанні різьби мітчиками:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p \quad (2.31)$$

Де  $P = 1,25$  - крок різьби, мм;

$D = 14$  - номінальний діаметр різі, мм;

Коефіцієнти  $C_M$  і показники ступеня наведені в (див.[6, табл. 2.111]).  
Корекційний коефіцієнт  $K_p$ , що враховує якість оброблюваного матеріалу, який визначається для різців по (див.[6, табл. 2.8]), а для інших інструментів - [6, табл. 2.109].

$$C_M = 0,0022; y = 1,5; q = 1,8; K_p = 1$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0022 \cdot 14^{1,8} \cdot 1,25^{1,5} \cdot 1 = 3,55 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Частота обертання шпинделя при нарізанні різьби мітчиками:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 3,55}{\pi \cdot 14} = 80,1 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо  $n = 80 \text{ хв}^{-1}$

Потужність при нарізанні різі мітчиками:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{975} = \frac{3,55 \cdot 80}{975} = 0,29 \text{ кВт}$$

Визначити величину кута розкручування  $\delta$  мітчика можна визначити за **методом Верецагіна**:

$$\delta = \frac{M_{кр} \cdot L}{E \cdot I}$$

де  $M_{кр}$  – крутний момент на шпінделі;

$L_B = L - L_{Хн} = 95 - 26 = 64 \text{ мм}$  – виліт метчика;

$E = 83 \text{ МПа}$  - модуль пружності;

$I = \frac{\pi \cdot D^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 14^4}{64} = 1885,73 \text{ мм}^4$  - момент інерції сечення метчика.

$$\delta = \frac{3,55 \cdot 64 \cdot 10^{-3}}{83 \cdot 10^9 \cdot 1885,73 \cdot 10^{-9}}$$

Угол раскручивания  $\delta$  метчика – 1,5 секунди.

## 2.4 Технічні вимоги на виготовлення інструмента

Мітчики повинні бути виготовлені зі швидкорізальної сталі по

ГОСТ 19265-73

Твердість мітчиків має бути:

Робочої частини мітчиків діаметром

до 6 мм

HRC 62...64

більше 6 мм

HRC 63...66

Хвостової частини

HRC 37... 52

Параметри шорсткості поверхонь мітчиків по ГОСТ 2789-73 не повинні перевищувати, мкм:

профілю різей, передньої і задньої поверхні різальної частини Ra 0.8

хвостовиків машинно-ручних і гайкових прямих в посадочній частині Ra 1.6, Ra 0.8

канавок Ra 3.2

інших поверхонь Ra 6.3

Поверхні канавок мітчиків мають бути поліровані, або шліфовані, окрім мітчиків планованих.

Граничні відхилення розмірів мітчиків не повинні перевищувати:

загальної довжини і довжини робочої частини при номінальному діаметрі різі:

до 5.5 мм	-2.5 мм
з. 5.5 до 12	-3.2 мм
<b>з. 12 до 39</b>	<b>-5.0 мм</b>
з. 39 до 52	-6.3 мм

довжини різальної частини мітчиків:

Для наскрізних отворів	+1.5 кроку
Для глухих отворів при кроці	
От 0.2 до 0.5	+/-1.5 кроку
<b>Більше. 0.5</b>	<b>-0.5</b>

відстань від торця квадрата до середини кільцевої канавки Js 15;

діаметру хвостовика мітчиків:

у посадочній частині h9, h8;

діаметру кільцевих канавок h14;

радіусу кільцевих канавок H16

Граничні відхилення розмірів квадрата і зсув квадрата відносно осі хвостовика мітчиків по ГОСТ 9523-84.

Граничні відхилення кутів не повинні перевищувати:

переднього для мітчиків діаметром до 6 мм - +/-2°30";

**переднього для мітчиків діаметром більше. 6 мм - +/-2°;**

заднього кута на різальній частині - +/- 1.

За результатами розрахунків створено робоче креслення інструменту

Додаток

## 3 АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ

### 3.1 Вибір системи автоматизованого проектування

Для створення 3D моделі інструменту у системі автоматизованого проектування вибираємо Autodesk Inventor 2020.

Вибір базується на можливостях цього пакету програм, а саме на доступності для студентів, та функціональністю.

Основні переваги Autodesk Inventor 2020:

- Безкоштовна студентська ліцензія строком на 3 роки;
- інтуїтивність інтерфейсу;
- широкі функціональні можливості (бібліотеки стандартних виробів, модулі проектування тощо)
- дотримуються ЄСКД.

### 3.2 Проектування інструменту – Мітчик

Для початку роботи треба створити новий документ «Деталь», та для подальшої роботи треба зберегти цей документ.

Далі за допомогою функції «Ескиз» створимо ескіз майбутньої деталі (рис 3.1):

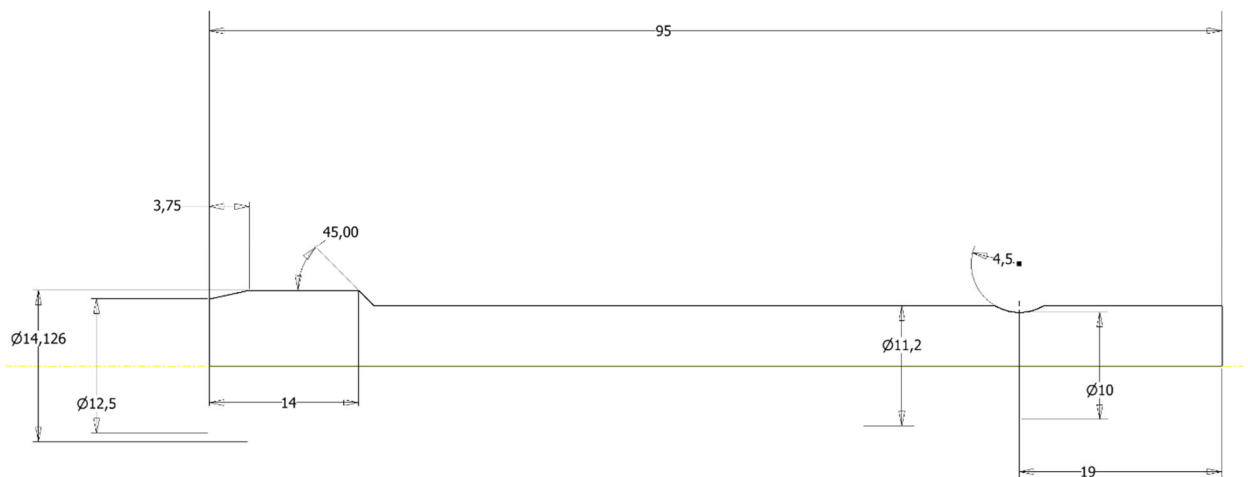


Рисунок 3.1 Ескіз половини переріз

Мітчик це тіло обертання (рис 3.2) тому половину ескізу обертаєм навколо своєї осі за допомогою функції «Врещение»:

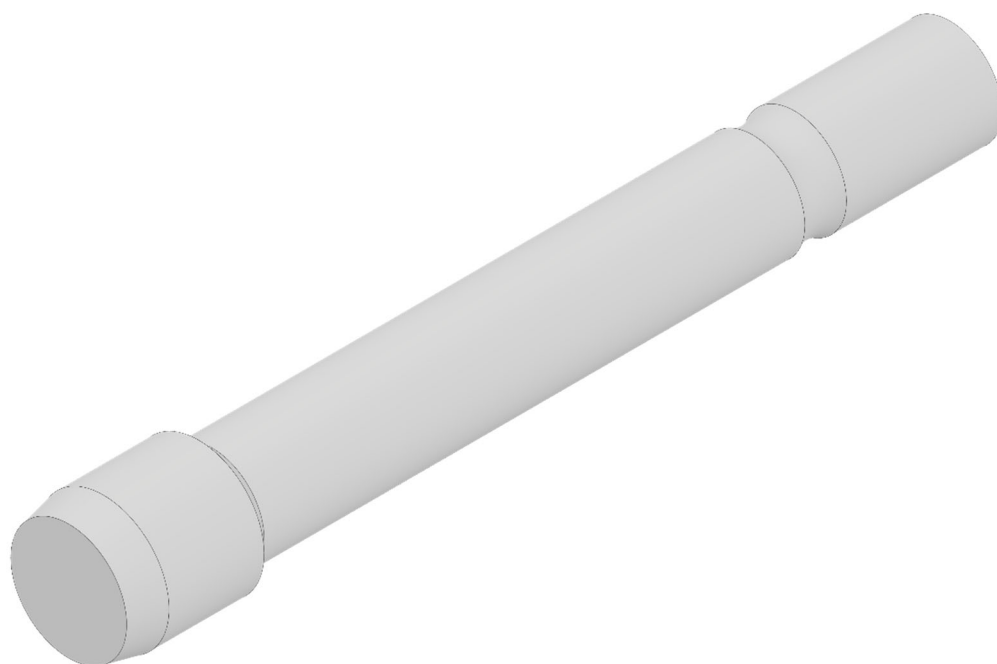


Рисунок 3.2 Тіло отримане після обертання

За допомогою функції «Фаска» робимо фаску на хвостовику (рис 3.3) мітчика:

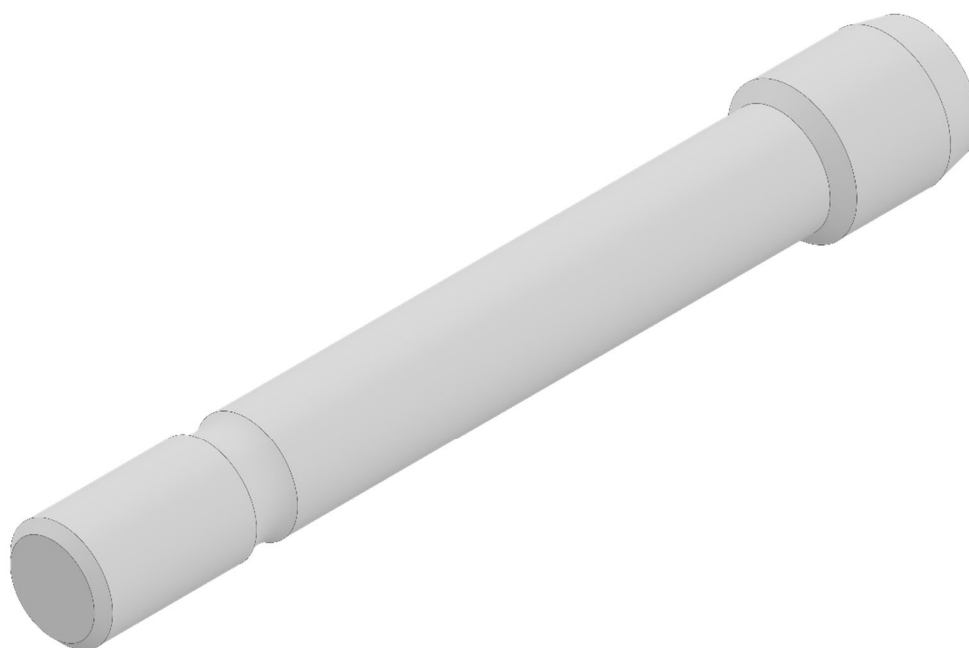


Рисунок 3.3 Фаска на хвостовику

Тепер потрібно зробити квадратний хвостовик.

За допомогою функції «Выдавливание» робимо квадрат (рис 3.4) на потрібну глибину:

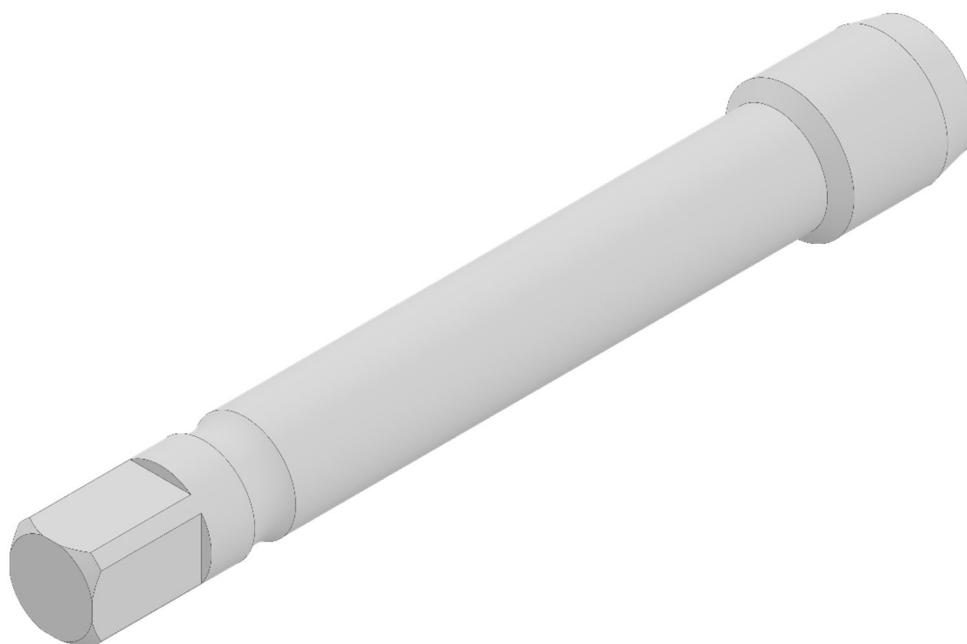


Рисунок 3.4 Квадратний хвостовик

Далі нам потрібно зробити два ескізи: ескіз стружкової канавки (рис 3.5):

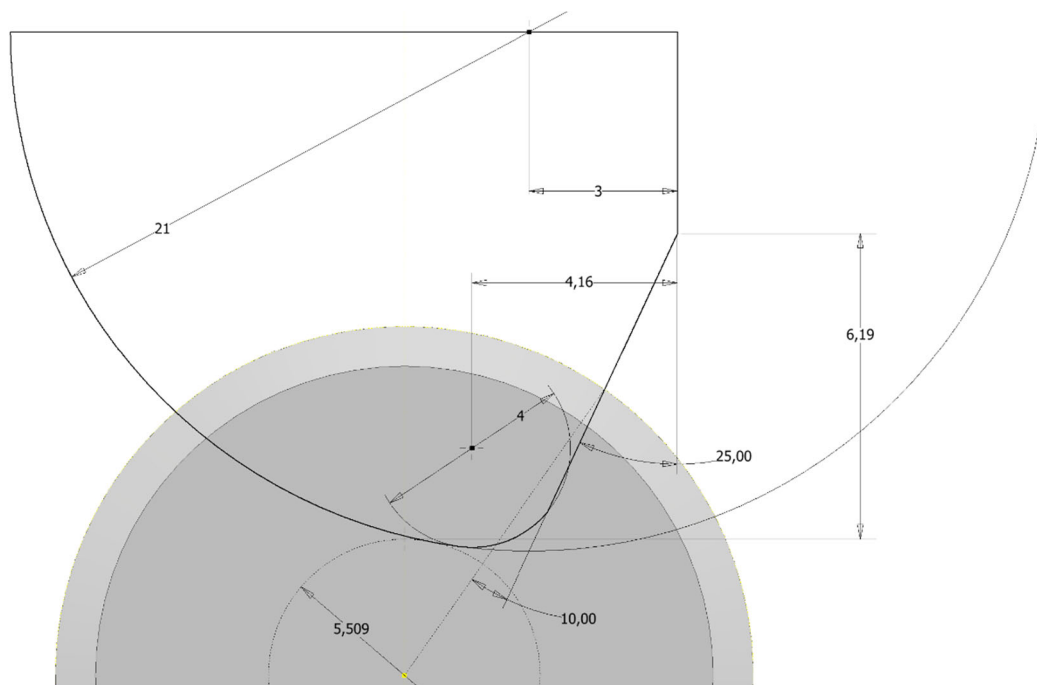


Рисунок 3.5 Ескіз стружкової канавки

А також шляху руху профіля (рис 3.6) стружкової канавки для її утворення:



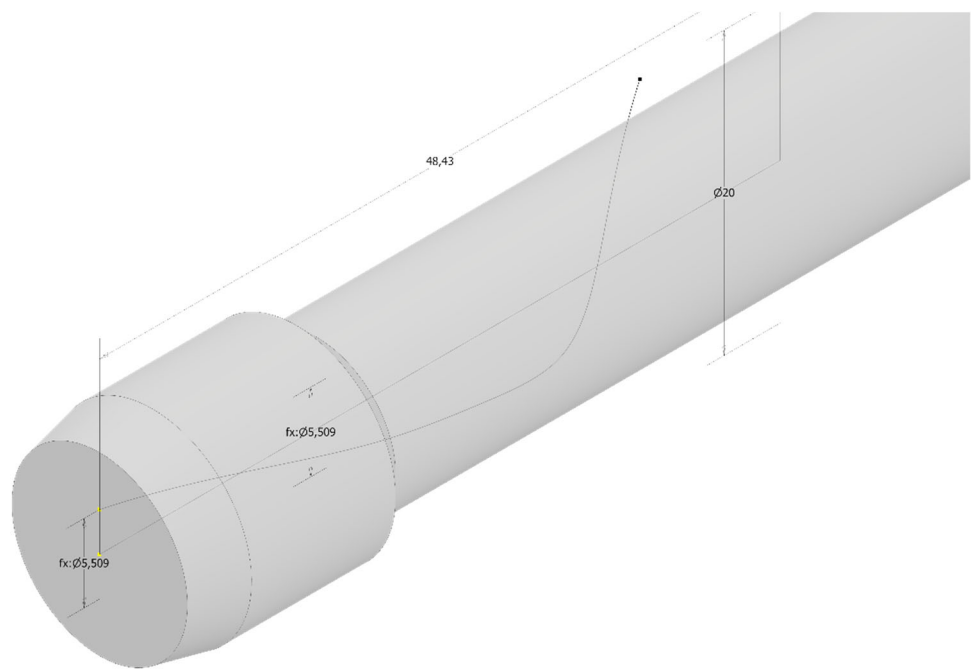


Рисунок 3.6 Шляху руху профіля

І далі утворюємо саму канавку (рис 3.7) функцією «Сдвиг»:

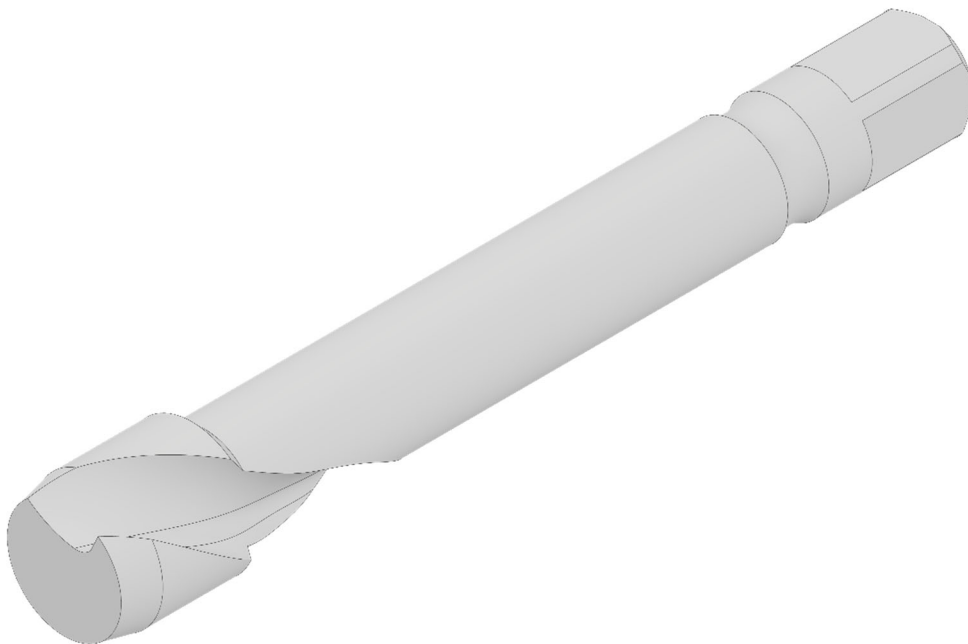


Рисунок 3.7 Утворення першої канавки

Наступним шагом робимо круговий масив з 3-х (рис 3.8) зі утвореної до цього стружкової канавки функцією «Круговой массив»:

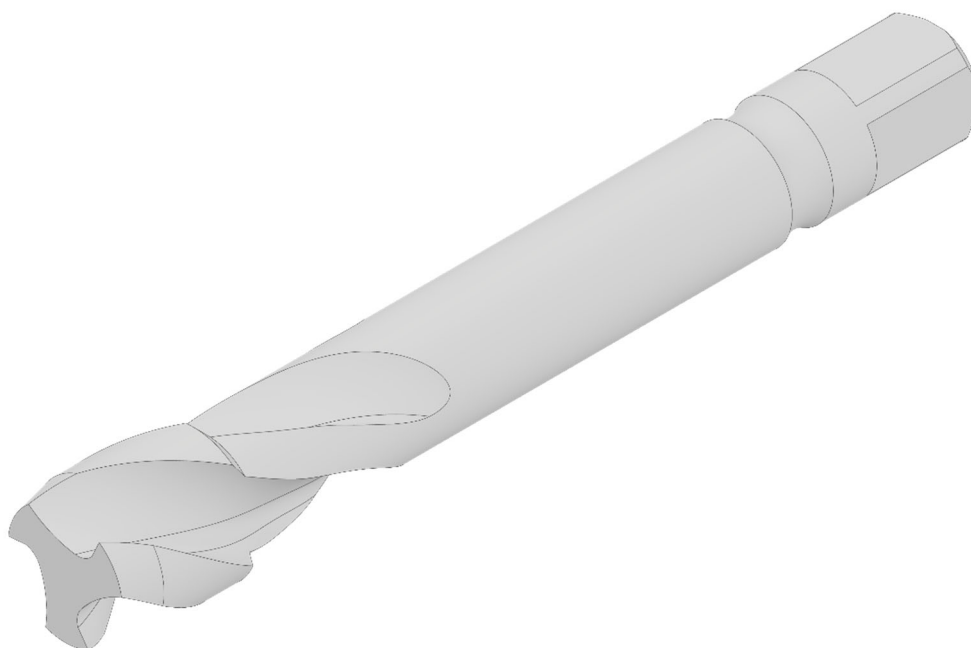


Рисунок 3.8 Круговий масив з 3-х стружкових канавок

На цьому кроці треба сворити 2 ескіза (рис 3.9) для утворення затилування:

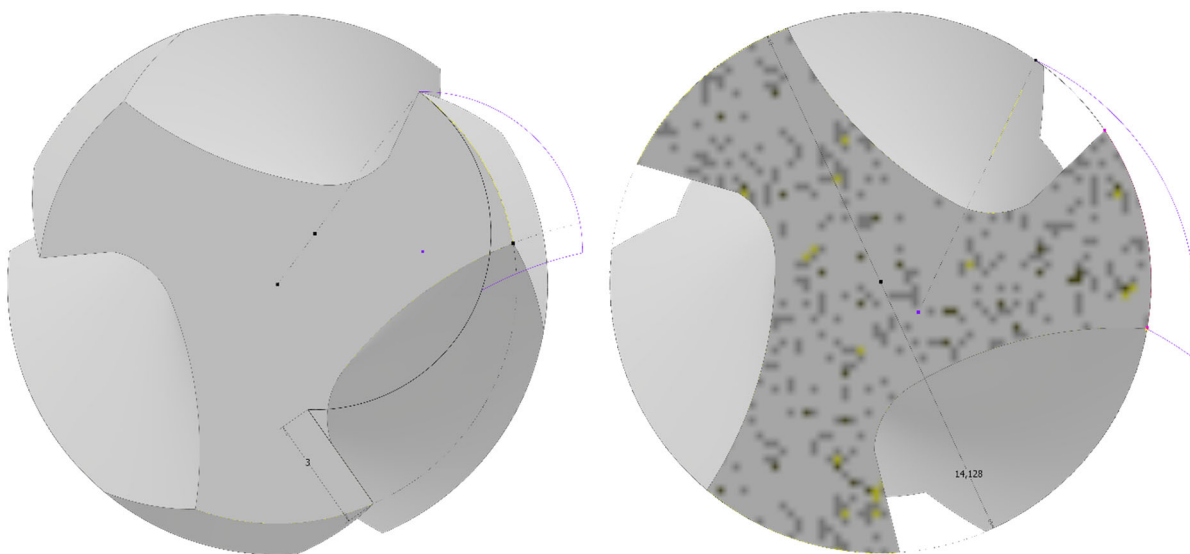


Рисунок 3.9 Ескізи для затилування

Наступним кроком за допомогою функції «Лофт», утворюємо затилування, та круговий масив (рис 3.10):

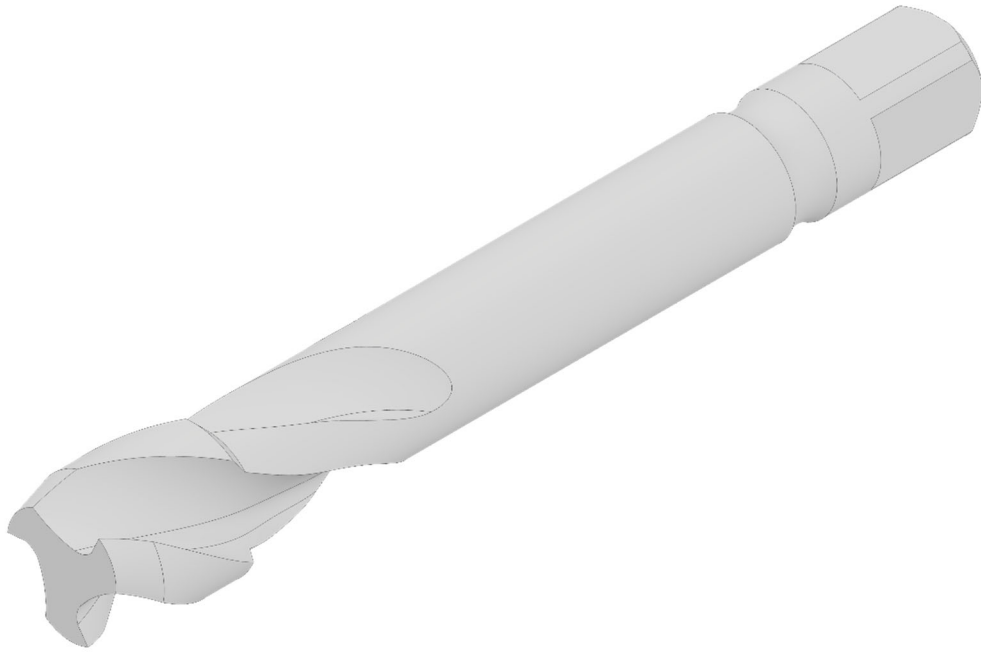


Рисунок 3.10 Затилований забірний конус

Тепер для утворення різьбової канавки на мітчику треба створити ескіз (рис 3.11) кромки яка утворює профіль різи:

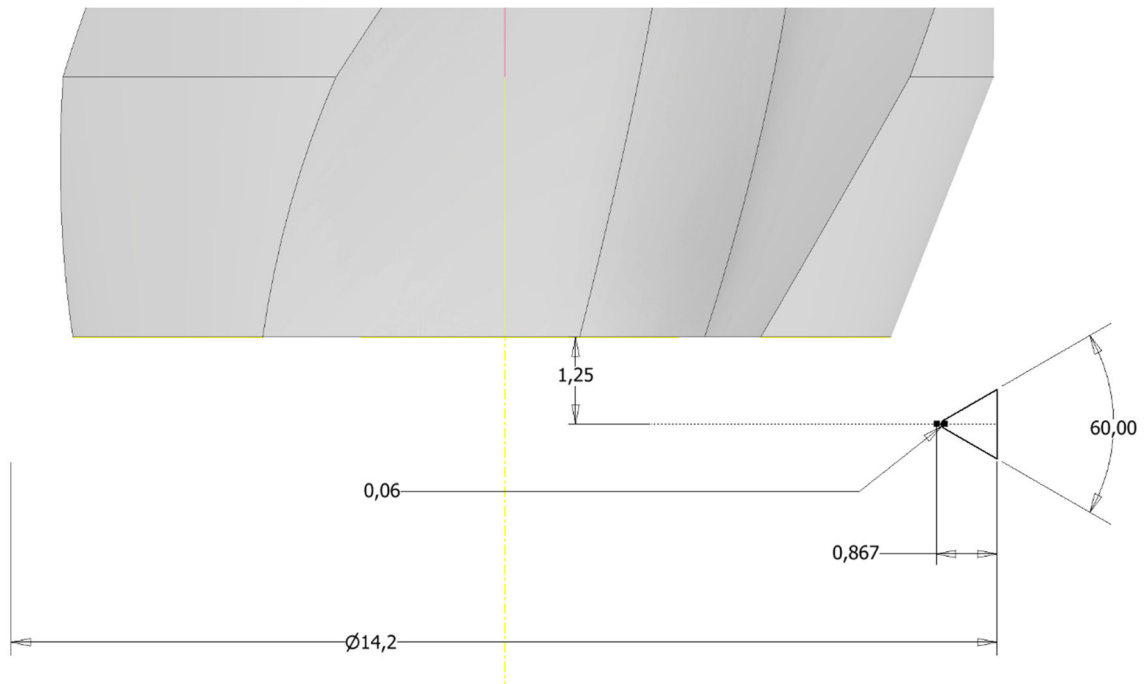


Рисунок 3.11 Ескіз різьбової канавки

Та за допомогою функцією «Пружина» утворемо її (рис 3.12):

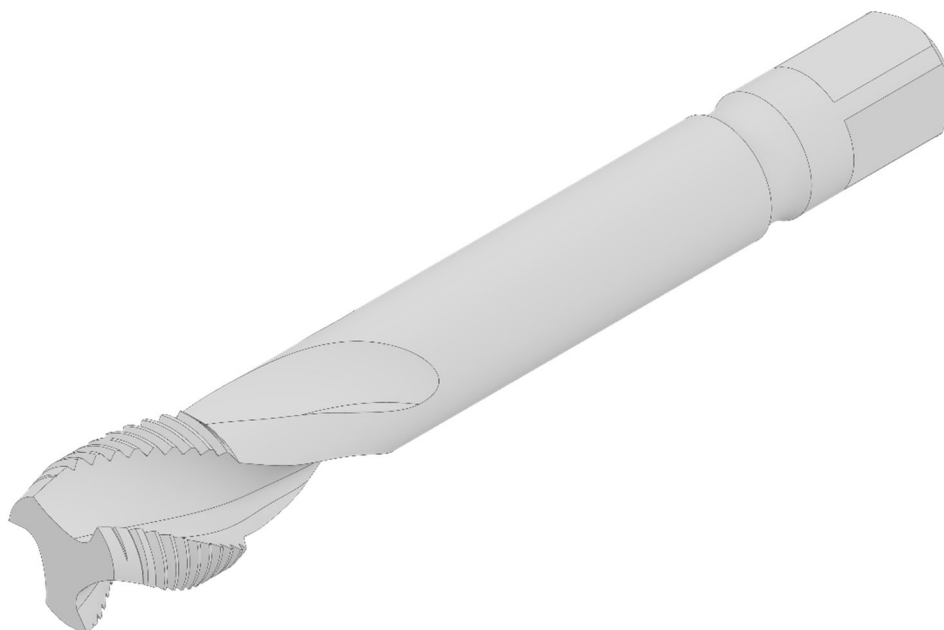


Рисунок 3.12 Утворена різьбова канавка

В результаті виконих дій отримано 3Д модель Мітчика (рис 3.13):

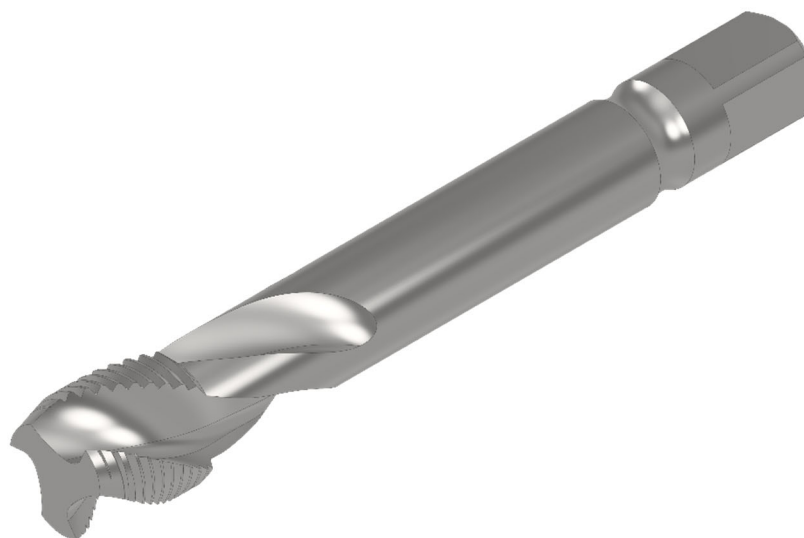


Рисунок 3.13 3Д модель Мітчика

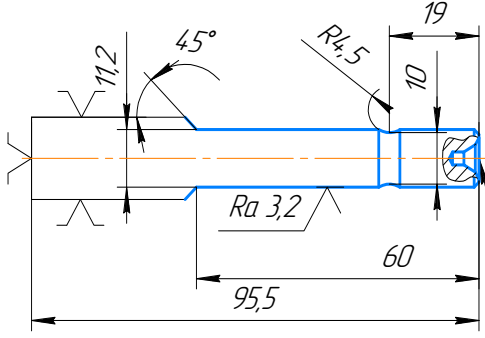
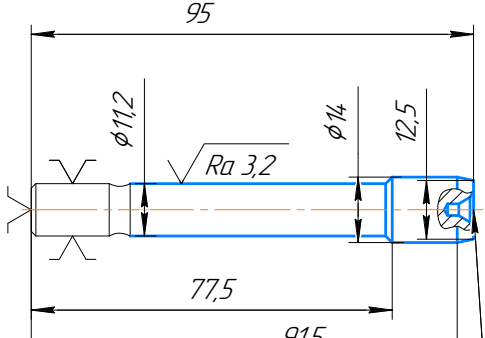
## 4 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ІНСТРУМЕНТУ - МІТЧИК

### 4.1 Розробка технології виготовлення інструменту

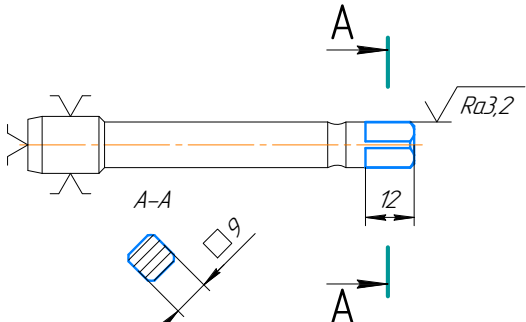
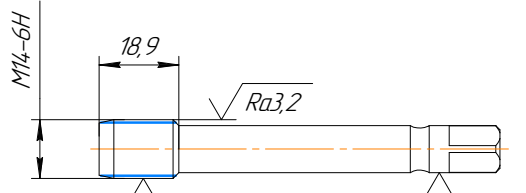
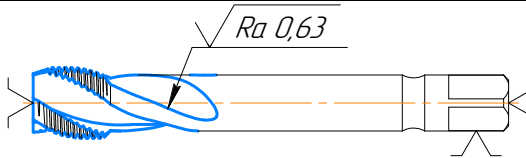

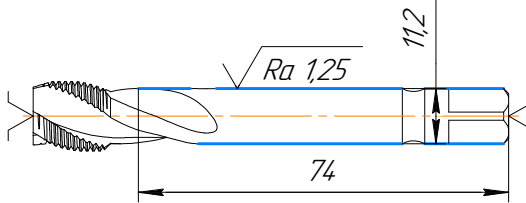
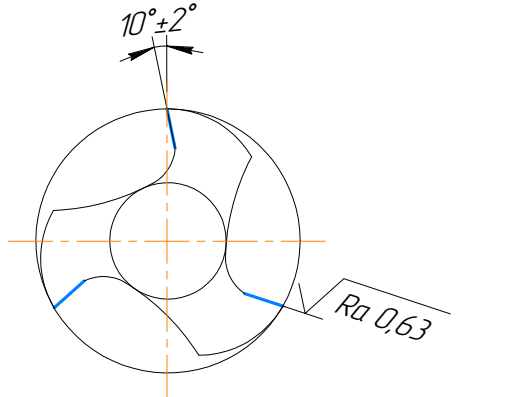
Різальна частина металорізального інструменту виготовляється з інструментальних сталей - Р6М5.

Методом виготовлення заготівлі вибираємо відрізку на токарному верстаті з ЧПК. Вид заготівлі – пруток, матеріал – Р6М5.

Таблиця 4.1 Технологічний процес виготовлення мітчика

Операція	Найменування операції	Ескіз	Обладнання
005	Підрізання торця, центрування та обробка хвостової частини по контуру з припуском на шліфування, і відрізання	 <p>Отв. центр. В2,5 ГОСТ 14034-74</p>	Токарний з ЧПУ DMG MORI CTX 310 ecoline
010	Підрізання торця в розмір, центрування та обробка заготовки попередньо та остаточно обточування калібрувальної частини, забірного конуса з припуском на шліфування	 <p>Отв. центр. В2,5 ГОСТ 14034-74</p>	Токарний з ЧПУ DMG MORI CTX 310 ecoline

Таблиця 4.1 Продовження таблиці

Операція	Найменування операції	Ескіз	Обладнання
015	Штамповка квадрата		Автоматизований прес
020	Накатування різи		Накатний напівавтомат
025	Фрезерування канавок		Горизонтально-фрезерний, 6М82
030	Клеймування		Накатний напівавтомат
035	Термічна обробка		Агрегат для термообробки
040	Шліфування центрових отворів		Центрувальний напівавтомат
045	Полірування канавок		
050	Шліфування хвостової частини		Круглошліфувальний напівавтомат, 3Е642
055	Загострення по передній поверхні		Загострювальний верстат, 3Е642

Таблиця 4.1 Продовження таблиці

Операція	Найменування операції	Ескіз	Обладнання
060	Шліфування різьби з утворенням затилювання по профілю та витримка зворотнього конуса		Різьбошліфувальний напівавтомат, 8522
065	Шліфування затилка на заборному конусі		Затилкувальний ерстат, 3Е642
070	Доведення по передній поверхні		Спеціальний доводочний верстат

## 4.2 Визначення режимів різання

### 4.2.1 Визначення режимів різання при точінні

Вихідні данні: матеріал – сталь Р6М5, інструмент – різець прохідний з пластиною з твердого сплаву.

При параметрі шорсткості  $Ra=3,2$  мкм включно приймають глибину різання  $t=0,5 - 2,0$  мм. Приймаємо глибину  $t=1$  мм.

Згідно табл. 11[6] призначаємо подачу  $s$ . При розмірі державки різця  $16 \times 10$  мм та глибині різання до 3 мм вибираємо подачу  $0,3 - 0,4$  мм/об. Приймаємо  $s=0,3$  мм/об.

Швидкість різання при точінні розраховується за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v \quad (4.1)$$

де  $C_v$ ,  $x$ ,  $y$  та  $m$  вибираються з табл. 17[6]. При зовнішньому продольному точінні прохідними різцями з подачею до 0,3 мм/об приймаємо  $C_v=420$ ,  $x=0,15$ ;  $y=0,2$ ;  $m=0,2$ ;

$$K_v = K_{Mv} K_{Пv} K_{Иv} \quad (4.2)$$

За табл. 2 приймаємо  $K_{Пv}=0,7$ ;  $n_v=1,0$ .

$$K_{Mv} = 0,7 \left( \frac{750}{960} \right)^{1,0} = 0,47$$

За табл. 5 приймаємо  $K_{Пv}=0,9$ ;  $K_{Иv}=1,0$

$$K_v = 0,47 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,423$$

$$V = \frac{420}{30^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,3^{0,2}} \cdot 0,423 = 118 \text{ м/хв.}$$

Силу різання прийнято розкладувати на складові сили, що направлені по осях координат верстата (тангенційну  $P_z$ , радіальну  $P_y$  та осьову  $P_x$ ). При зовнішньому поздовжньому точінні ці складові розраховуються за формулою

$$P_{z,x,y} = 10 C_p t^x s^y V^n K_p \quad (4.3)$$

Вибираємо значення коефіцієнтів та показники степенів в залежності від складової сили різання, що розраховується.

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 118^{-0,15} \cdot 1,2 = 704 \text{ Н,}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 118^{-0,3} \cdot 1,2 = 341,5 \text{ Н,}$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1^{1,0} \cdot 0,3^{0,5} \cdot 118^{-0,4} \cdot 1,2 = 331,9 \text{ Н.}$$

Потужність різання розраховують за формулою(5.4):

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} \quad (4.4)$$

$$\frac{704 \cdot 118}{1020 \cdot 60} = 1,35 \text{ кВт}$$

#### 4.2.2 Визначення режимів різання при шліфуванні.

Основними параметрами різання при шліфуванні:

швидкість обертального або поступального руху заготовки  $V_z$ , м/хв;

глибина шліфування  $t$ , мм – шар металу, що знімається периферією або торцем круга в результаті поперечної подачі на кожний хід або подвійний хід;



поздовжня подача  $s$  – переміщення шліфувального круга в напрямку його вісі в мм/об заготовки при круглому шліфуванні.

За табл. 55[6] вибираємо ці параметри:

для круглого зовнішнього шліфування інструментальних сталей  $V_k=30 - 35$  м/с;  $V_3=20 - 40$  м/хв.; радіальна подача  $s_p=0,001 - 0,005$  мм/об

Ефективна потужність при врізному шліфуванні периферією круга розраховується за формулою:

$$N = C_N V_3^r s_p^y d^q b^z \quad (4.5)$$

де  $d$  – діаметр шліфування,  $d=8$  мм;

$b$  – ширина шліфування, рівна довжині ділянки заготовки, що шліфується, при круглому врізному шліфуванні,  $b=70$  мм.

Значення коефіцієнту  $C_N$  та показників степенів у формулі вибираємо згідно табл. 56:  $C_N=0,14$ ;  $r=0,8$ ;  $y=0,55$ ;  $q=0,2$ ;  $z=1,0$

$$N = 0,14 \cdot 30^{0,8} \cdot 0,005^{0,55} \cdot 70^{1,0} \cdot 8^{0,2} = 12,2 \text{ кВт}$$

#### 4.2.3 Визначення режимів різання при загостренні мітчика.

Загострення мітчика виконується торцем круга, тому ефективна потужність на відміну від шліфування розраховується за наступною формулою:

$$N = C_N V_3^r t^x b^z \quad (4.6)$$

За табл. 55[6] вибираємо наступні параметри:

$V_k=25$  м/с;  $V_3=1,0$  м/хв;  $t=0,04$  мм/подв. хід

За табл. 56[6] вибираємо значення:

$C_N=0,59$ ;  $r=0,7$ ;  $x=0,5$ ;  $y=0,5$ ;  $z=0,6$ .

$$N = 0,59 \cdot 1,0^{0,7} \cdot 0,04^{0,5} \cdot 1,25^{0,6} = 0,13 \text{ кВт}$$

#### 4.2.4 Визначення режимів різання при фрезеруванні канавок

Швидкість різання – окружна швидкість фрези:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} \cdot K_v \quad (4.7)$$

де  $D$  – діаметр фрези ( $D=50$  мм);

$T$  – період стійкості фрези  $T=120$  хв;

$t$  – глибина різання,  $t=1,5$  мм;

$s_z$  – подача на один зуб фрези,  $s_z=0,05$  мм;

$B$  – ширина фрезерування,  $B=4$  мм;

$z$  – кількість зубців фрези,  $z=14$ ;

$K_v=0,423$ ;

За табл. 39 [6] визначимо наступні параметри:

$C_v=53$ ;  $q=0,45$ ;  $x=0,3$ ;  $y=0,2$ ;  $u=0,1$ ;  $p=0,1$ ;  $m=0,33$

$$V = \frac{53 \cdot 50^{0,45}}{120^{0,33} \cdot 1,5^{0,3} \cdot 0,05^{0,2} \cdot 4^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,423 = 19,2 \text{ м/хв}$$

Сила різання. Її головна складова при фрезеруванні – окружна сила, яка розраховується за формулою:

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w} \cdot K_{Mp} \quad (4.8)$$

де  $n$  – частота обертання фрези,  $n=1500$  об/хв.

За табл. 41 вибираємо значення коефіцієнтів:

$C_p=47$ ;  $x=0,86$ ;  $y=0,72$ ;  $u=0,1$ ;  $q=0,86$ ;  $w=0$ ;

$$P_z = \frac{10 \cdot 47 \cdot 1,5^{0,86} \cdot 0,05^{0,72} \cdot 4^{0,1} \cdot 14}{50^{0,86} \cdot 1500^0} \cdot 1,08 = 48,2 \text{ Н}$$

Крутний момент на шпинделі:

$$M_{kp} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{48,2 \cdot 50}{2 \cdot 100} = 12,05 \text{ Н·м} \quad (4.9)$$

Потужність різання (ефективна):

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{48,2 \cdot 19,2}{1020 \cdot 60} = 0,015 \text{ кВт} \quad (4.10)$$

Всі інші режими вибираємо за табличним методом з [19], і заносимо в таблицю (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 режимів різання при виготовленні інструмента

Операція	Найменування операції	Режими різання				
		$t, \text{мм}$	$S, \text{мм/об}$ (мм/хв)	$V, \text{м/с}$	$P_z, \text{Н}$	$N, \text{кВт}$
015	Підрізання торця, центрування та обробка хвостової частини по контуру з припуском на шліфування, і відрізання	1	0,3	118	704	1,35
020	Підрізання торця в розмір, центрування та обробка заготовки попередньо та остаточно обточування калібрувальної частини, забірною конуса з припуском на шліфування	1	0,3	118	704	1,35
025	Штамповка квадрата	-	0,03	35	-	10,8
030	Накатування різи	1,5	0,05	19,2	48,2	0,15
035	Фрезерування канавок	-	-	-	-	-
040	Клеймування	-	-	-	-	-
045	Термічна обробка	0,01	1,5	40	-	10
050	Шліфування центрових отворів					
065	Полірування канавок	-	0,005	35	-	12,2
070	Шліфування хвостової частини	0,04	0,05	25	-	0,13
075	Шліфування різьби з утворенням затилування по профілю та витримка зворотнього конуса	-	0,02	40	-	9
080	Шліфування затилка на заборному конусі	-	0,02	40	-	9
085	Доведення по передній поверхні	0,01	-	1,5	-	

### 4.3 Розрахунок припусків на механічну обробку

Розрахунок припусків на механічну обробку головного  $\varnothing 14,126_{-0,054} \text{ мм}$  розрахунково-аналітичним методом.

Заготовку для мітчика це пруток горячекатаного круглого прокату (ГОСТ 2590-2006), матеріал – швидкорізальна сталь Р6М5 (ГОСТ 19265-73).

Поверхня піддається: точінню чорновому, точінню чистовому та шліфуванню.

Мінімальний припуск при обробці зовнішніх та внутрішніх поверхонь обертання [11] визначаються за формулою (6.1):

$$2z_{i\ min} = 2 \left( Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right) \quad (4.11)$$

де:  $2z_{i\ min}$  – мінімальний припуск на дві сторони чи по діаметру;

$Rz_{i-1}$  – висота нерівностей профілю на попередньому переході;

$T_{i-1}$  – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

$\rho_{i-1}^2$  – сумарне значення просторових відхилень на елементарній поверхні на попередньому переході;

$\varepsilon_{yi}^2$  – похибка установки заготовки на даному переході.

Так як ми не знаємо напрямків векторів  $\rho$  та  $\varepsilon$  їх значення визначають за формулами (4.2) та (4.3):

$$\rho = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2} \quad (4.12)$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \quad (4.13)$$

де:  $\varepsilon_6$  – похибка базування;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення.

Таблиця 4.3 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів на механічну обробку

Технологічні переходи	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2z_{\min}$ , мкм	Допуск $TD$ , мкм	Розрахунковий розмір, мм	Розміри по переходам		Граничні припуски	
	$R_z$	$T$	$\rho$	$\varepsilon$				$D_{\max}$ , мм	$D_{\min}$ , мм	$2z_{\max}$ , мкм	$2z_{\min}$ , мкм
Заготовка з сортового прокату	125	150	96,6	237,5	-	1100	15,497	16,6	15,5	-	-
Обточування чорнове	63	60	51,3	-	593	180	14,472	14,65	14,47	1950	1030
Обточування чистове	20	30	37,9	-	348,6	70	14,226	14,3	14,23	350	240
Шліфування чистове	6,3	12	35,2	-	199,8	-54	14,126	14,072	14,126	228	104
$\Sigma$										2528	1374

Перевірка розрахунку:  $T_{d3} - T_{d0} = 1154 = 2z_{\Sigma \max} - 2z_{\Sigma \min} = 2528 - 1374 = 1154$

Розрахунок виконано вірно.

## 5 РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ НА ВЕРСТАТ З ЧПК

### 5.1 Характеристики обладнання



Рисунок 5.1 Верстат з ЧПК DMG MORI CTX 310 ecoline [18]

Використання сучасних верстатів з числовим програмним керуванням може зменшити у 1,5-2 рази час на обробку деталі, дає можливість автоматизувати виконання операцій при виготовленні деталі, а також має вищу точність у порівнянні з універсальними верстатами.

Таблиця 5.1 Характеристики верстат DMG MORI CTX 310 ecoline

<u>Головний шпиндель</u>	
Макс. частота обертання шпинделя	5 000 об / хв
Потужність (тривалість включення 100%)	11 кВт (АС)
Крутний момент (тривалість включення 100%)	112 Нм
Діаметр шпинделя в передньому підшипнику	100 мм
Макс. діаметр оброблюваного прутка	65 мм
<u>Робоча зона</u>	
Макс. діаметр заготовки	330 мм
Макс. діаметр точіння	200 мм
Макс. довжина заготовки при обробці в центрах	455 мм
Макс. діаметр затискного патрона	210 мм
<u>Револьверна головка (стандартне виконання)</u>	
Число інструментальних позицій по VDI / DIN 69880	12
Кількість приводних інструментів / макс. частота обертів	12/4500 об / хв
Потужність (тривалість включення 100%)	8 кВт (АС)
Крутний момент (тривалість включення 100%)	20 Нм
<u>Супорт револьверної головки</u>	
Прискорений хід осей X / Y / Z	30 / - / 30 м / хв
<u>Вага</u>	
CTX 310 ecoline V1 без транспортера стружки	3 400 кг
CTX 310 ecoline V3 без транспортера стружки	3 600 кг
Транспортер стружки CTX 310 ecoline	370 кг

## 5.2 Створення керуючої програми на верстат з ЧПК

Щоб створити керуючу програму було застосовано модуль Inventor CAM Ultimate (Рис. 5.2) для системи автоматизованого проектування Autodesk Inventor 2020. Цей модуль дозволяє створювати керуючі програми для верстатів з ЧПК на базі заздалегідь створеної 3d моделі в Autodesk Inventor. Цей модуль містить велику бібліотеку постпроцесорів для багатьох популярних систем ЧПК.

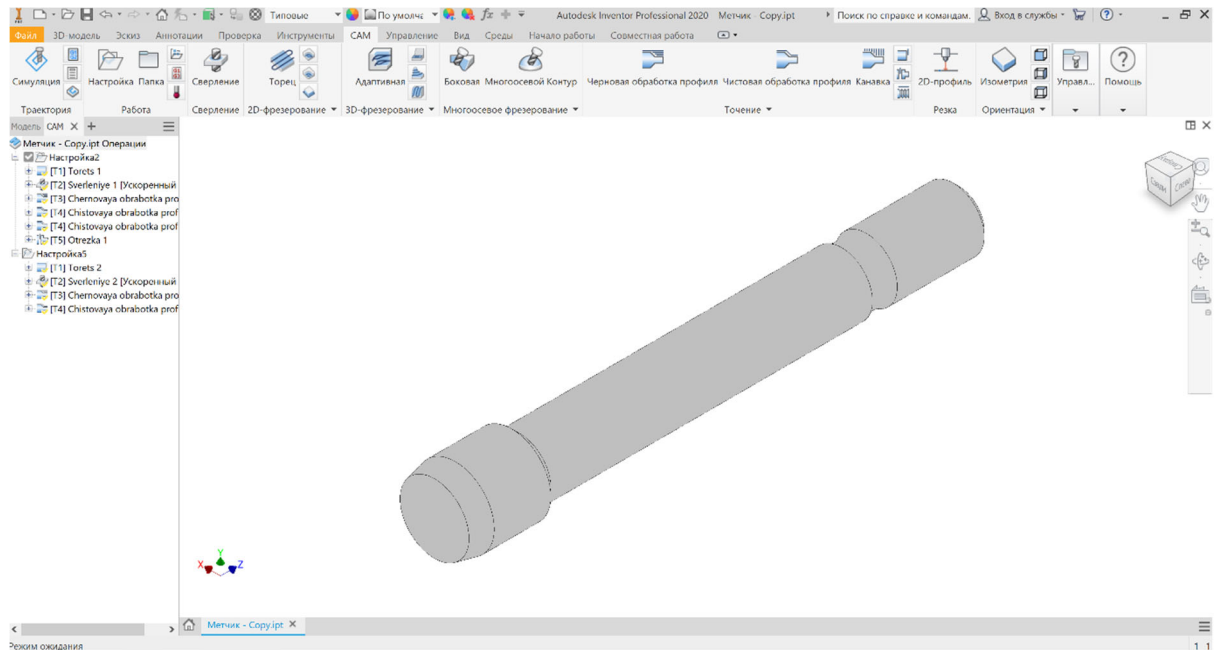


Рисунок 5.2 Интерфейс Inventor CAM

За допомогою Inventor CAM була створена керуюча програма на токарні операції 005 та 010.

На першому переході (Рис. 5.3) виконується підрізка торця:



Рисунок 5.3 Підрізка торця:

Далі виконується свердління центрального отвору: (Рис. 5.4):

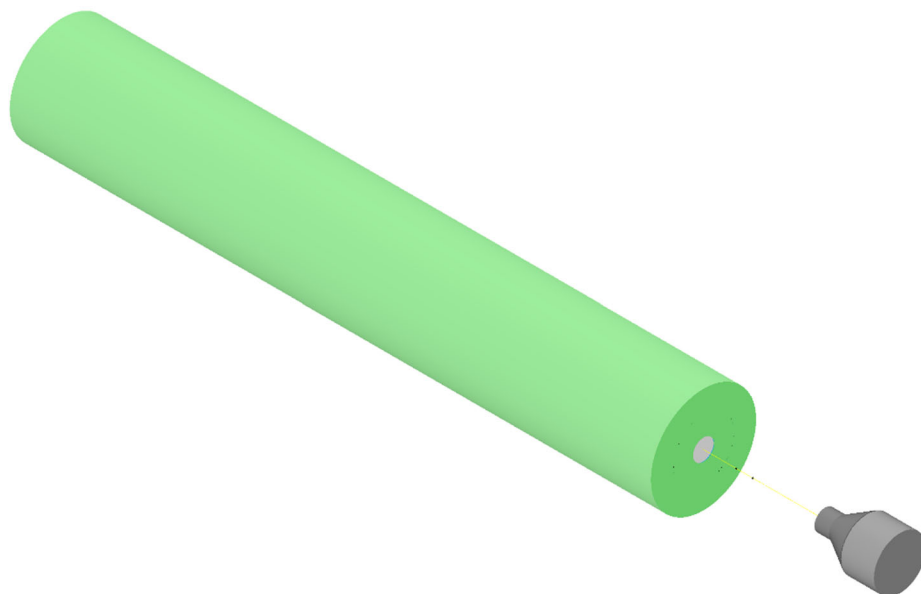


Рисунок 5.4 Свердління центрального отвору

Далі виконуємо чорнове точіння профілю (Рис. 6.5):

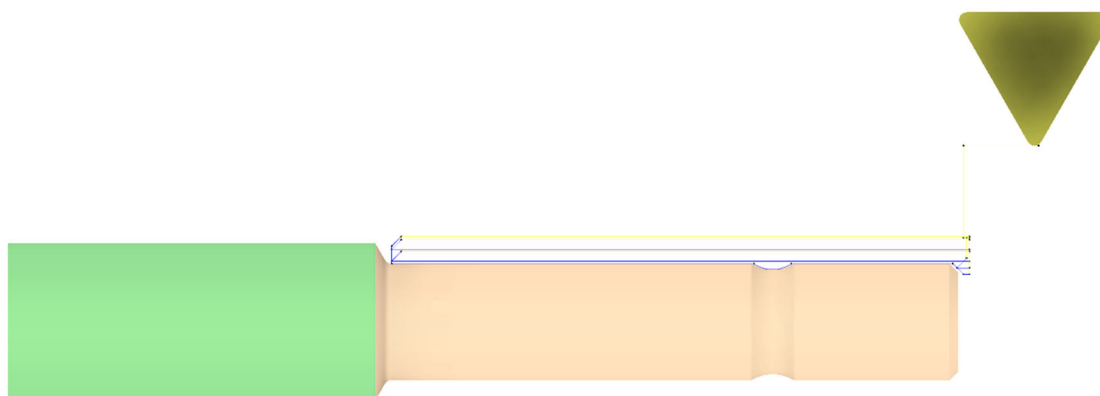


Рисунок 5.5 Чорнове точіння профілю

Далі виконуємо чистове точіння профілю (Рис. 5.6):

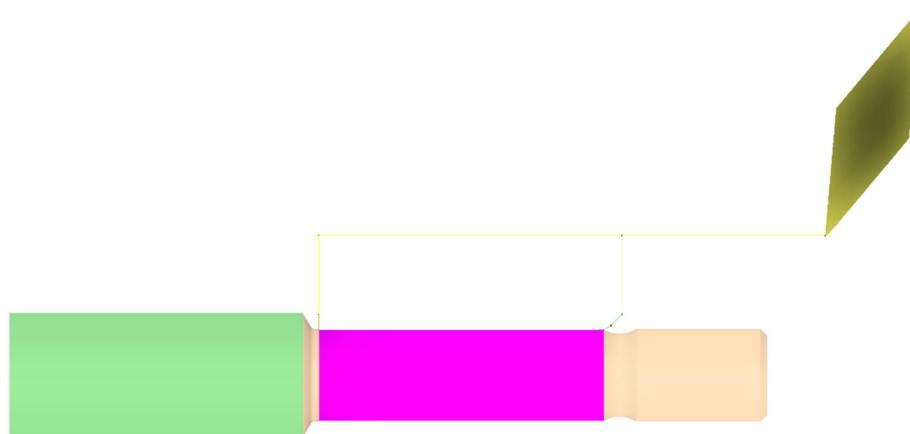


Рисунок 5.6 Чистове точіння профілю



Тепер виконуємо відрізання (Рис. 5.7):

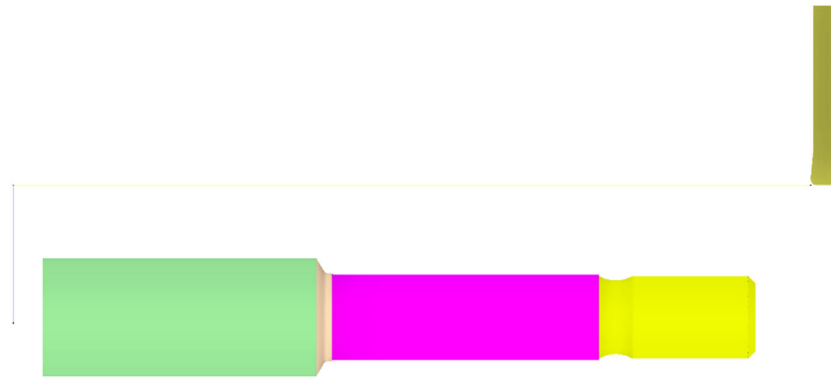


Рисунок 5.7 Відрізання

Далі виконується затиск заготовки в шпіндел.

Далі виконуємо підрізку торця в розмір (Рис. 5.8):

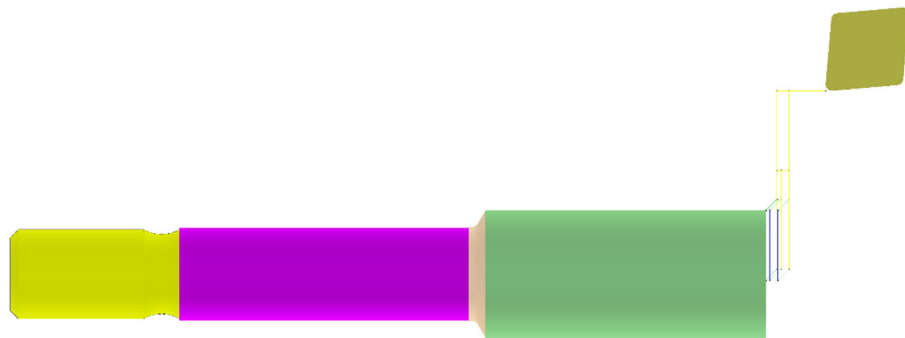


Рисунок 5.8 Підрізку торця в розмір

Виконуємо свердління центрального отвору (Рис. 5.9):

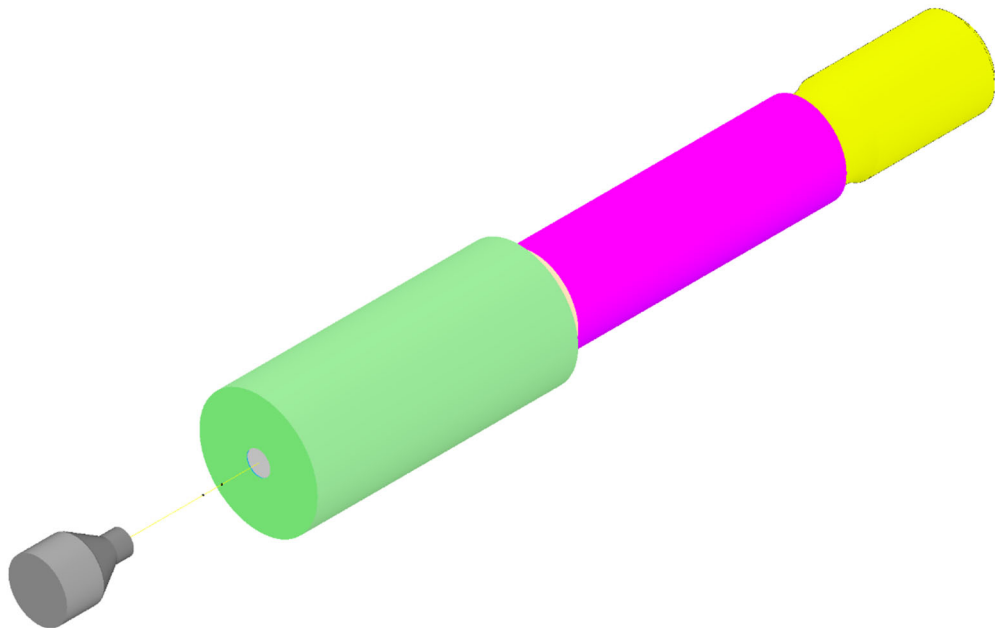


Рисунок 5.9 Свердління центрального отвору

Потім виконується чорнове точіння профілю (Рис. 5.10):

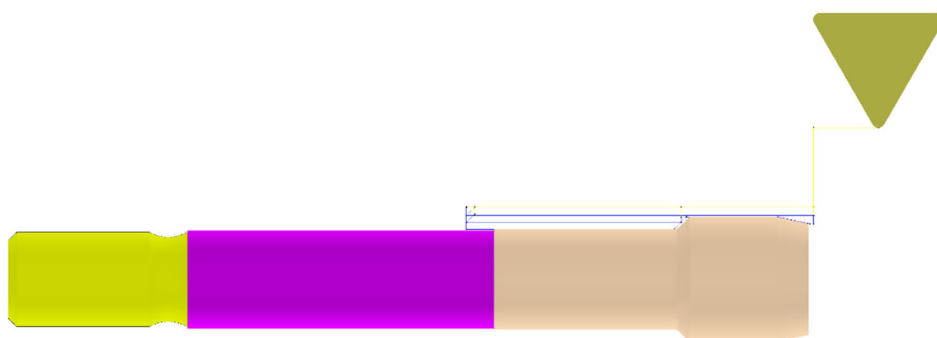


Рисунок 5.10 Чорнове точіння профілю

На останньому переході виконується чистове точіння профілю (Рис. 5.11):



Рисунок 5.11 Чистове точіння профілю

## 6 ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ІНСТРУМЕНТУ МІТЧИК

### 6.1 Визначення схеми заточування мітчика

Визначення висоти упорки при заточуванні мітчика. Заточування мітчика ведуть на універсально-заточному верстаті моделі ЗЕ642. Висота центрів  $H_{\text{ц}} = 125$  мм. Для закріплення мітчика на столі верстата встановлюють центри. Величину подовжнього переміщення столу обмежують упорами, які встановлюють на певній відстані відносно один одного. Заточування мітчика по передній поверхні ведеться тарілчастими або чашковими кругами. При заточуванні мітчиків з переднім кутом  $\gamma > 0$  торцева плоскість круга зміщується відносно центрів на відстань:

$$H_{\gamma} = \frac{D}{2 \sin \gamma} = \frac{14}{2 \cdot \sin 10^{\circ}} = 4,031 \text{ мм} \quad (6.1)$$

Щоб положення кожного зуба мітчика в процесі заточування по відношенню до круга було правильним, застосовують установ. Установ закріплюється на столі верстата, а його опорна поверхня розташована нижче за лінію центрів на відстані  $H_{\gamma}$  (див. рис. 7.1). Таким чином висота установка складає:

$$H_{\text{ц}} = H_{\gamma} + H_{\gamma} \quad (6.2)$$

$$\text{Звідси: } H_{\gamma} = H_{\text{ц}} - H_{\gamma} = 125 - 4 = 121 \text{ мм}$$

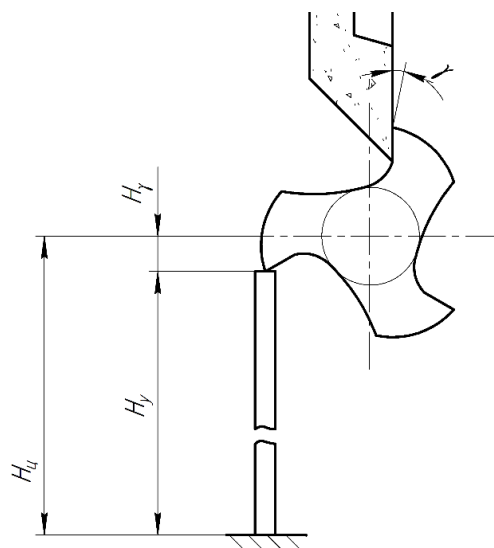


Рисунок 6.1 Схема установка

## 6.2 Контроль геометрії заточеного мітчика

Для виміру заднього і переднього кута застосовують кутомір 2УРИ (Бабчиніцера М. І.) Пристрій (рис. 7.2) складається з корпусу 2, на якому нанесена шкала ноніуса, яка відповідає кількості зубів інструмента. По корпусу 2 вільно ходить сектор 1, на є шкала, в обидві сторони від нуля що свідчить про передні та задні кути. Ціна поділки –  $1^\circ$ .

При вимірі переднього кута кутомір розташовують відносно інструменту так, щоб ребро лінійки 3 без просвіту прилягало до передньої поверхні вимірюваного зуба, а опорна лінійка 4 ребром спиралася на задню поверхню сусіднього зуба. При вимірі заднього кута лінійку 3 можна втопити, а лінійка 5 без просвіту прилягає до задньої поверхні вимірюваного зуба. Опорна лінійка 4, як і в першому випадку, спирається на задню поверхню сусіднього зуба. Значення переднього і заднього кута сектора читають по штриху шкали корпусу, що показує число зубів вимірюваного інструменту.

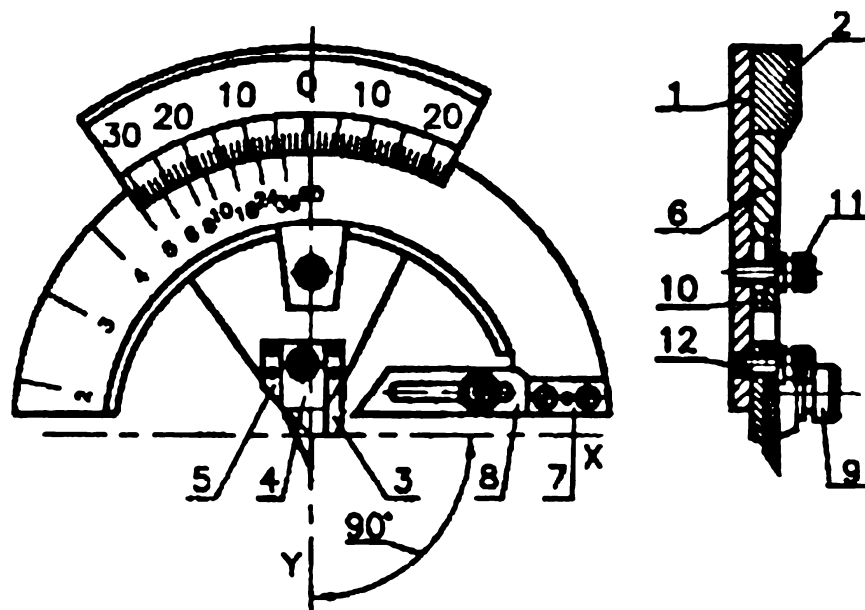


Рис. 7.2. Кутомір 2УРИ (Бабчиніцера М. І.)

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Родин П. Р. «Основы проектирования режущих инструментов». Учебник. - К.: Выща школа, 1990г.
2. Ординарцев И. А. И др. «Справочник инструментальщика» /И. А. Ординарцев, Г. В. Филиппов и др./ - Л.: Машиностроение. Ленинград. 1987г.
3. «Расчет и конструирование метчиков: учеб. пособие "Технология, оборудование и автоматизация машиностроит. пр-ва"» и спец. 12.01 "Технология машиностроения" / Г. И. Киреев. - Ульяновск : [s. n.], 1998. - 44 с.
4. Семенченко И. И. «Проектирование металлорежущих инструментов». /И. И. Семенченко, В. И. Матюшин, Г. Н. Сахаров/ - М. Машгиз. 1963г.
5. «Справочник технолога-машиностроителя» под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. М. Машиностроение. 1985г. Т 1, 2.
6. «Расчет режимов резания. Учебное пособие» / Безъязычный В. Ф., Аверьянов И. Н., Кордюков А. В. – Рыбинск: РГАТА, 2009. – 185 с.
7. Yamaawa - Метчики [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.yamawa.eu/ru/o-продукции/метчики/>.
8. CoroTap 300 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/corotap\\_300/](https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/corotap_300/).
9. Walter Prototyp Prototex® X•pert N и Paradur® X•pert N [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [https://www.walter-tools.com/ru-ru/tools/standard\\_products/threading/overview/hss\\_tap/x-pert-n/Pages/default.aspx](https://www.walter-tools.com/ru-ru/tools/standard_products/threading/overview/hss_tap/x-pert-n/Pages/default.aspx).
10. Харламов Г.А., Тарапанов А.С. «Припуски на механическую обработку: справочник.» 2-е изд., испр. - М.: Машиностроение, 2013. - 256 с.: ил.
11. Косилова А. Г. Точность обработки и припуски в машиностроении / А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков, М. А. Калиним. – Москва: "Машиностроение", 1976.

12. Режущий инструмент: учебник для вузов / под. общ. ред. С.В. Кирсанова. 4-е изд., перераб. и доп.—М.: Машиностроение, 2014. — 520 с.: ил.
13. Сахаров Г. Н. «Металлорежущие инструменты». /Г. Н. Сахаров, О. Б. Арбузов, Ю. Л. Боровой и др./ - М. Машиностроение, 1989г.
14. «Режимы резания металлов»: Справочник. Изд. 3-е, переработанное и дополненное. - М.: Машиностроение, 1972г.
15. Палей. М. М. «Технология производства металлорежущих инструментов».: - 2-е изд. Переработанное и дополненное. -М.: Машиностроение, 1982г.
16. САПР –\_Wiki ТНТУ [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://wiki.tntu.edu.ua/САПР>
17. Inventor CAM 2020 Справка [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://help.autodesk.com/view/INVCAM/2020/RUS/>.
18. CTX 310 ecoline - Универсальные токарные станки DMG MORI [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://ru.dmgmori.com/products/machines/turning/universal-turning/ctx-ecoline/ctx-310-ecoline>.
19. «Общемашиностроительные нормативы режимов резания»: О-28 Справочник: В 2-х т.: Т. 1/А. Д. Локтев, И. Ф. Гуцин, В. А. Батуев и др. —М.: Машиностроение, 1991.-640 с.:
20. Алюминий Д16Т – дюралевый сплав свойства, характеристики [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://nfmetall.ru/articles/33.html>.

# Додатки

## *Огляд інструментів для утворення різи*

*Мітчик з прямими канавками*



*Мітчик з гвинтовим заборним конусом*



*Мітчик з гвинтовими канавками*



*Мітчик безстружковий мітчик*



*Різьбонарізна фреза*



*Різьбонарізний різець*



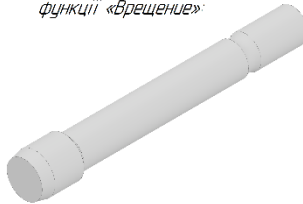


## Етапи побудови 3Д моделі за допомогою системи автоматизованого проектування Autodesk Inventor

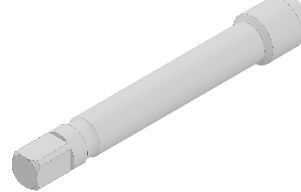
1. За допомогою функції «Ескіз» створимо ескіз майбутньої деталі:



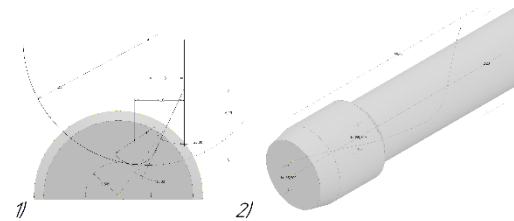
2. Мітчик це тіло обертання (рис. 3.2) тому половину ескізу обертаємо навколо своєї осі за допомогою функції «Вращение»:



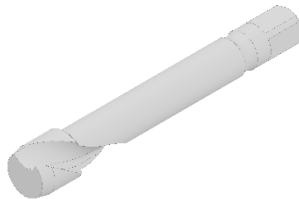
3. За допомогою функції «Выдавливание» робимо квадрат на потрібну глибину:



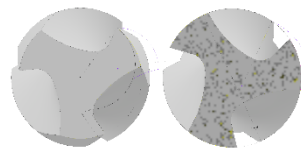
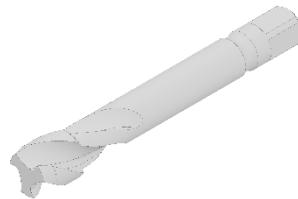
4. Далі нам потрібно зробити два ескізи ескіз стружкової канавки (1), а також шлях руху профіля (2):



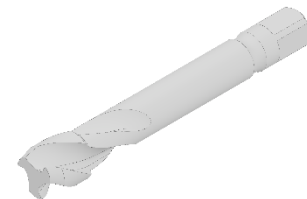
5. І далі утворюємо саму канавку функцією «Сдвиг»:



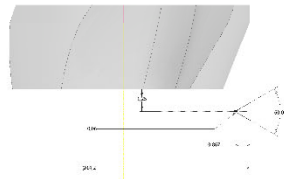
6. Наступним шагом робимо круглий масив з 3-х зі утвореної до цього стружкової канавки функцією «Круговой массив»:



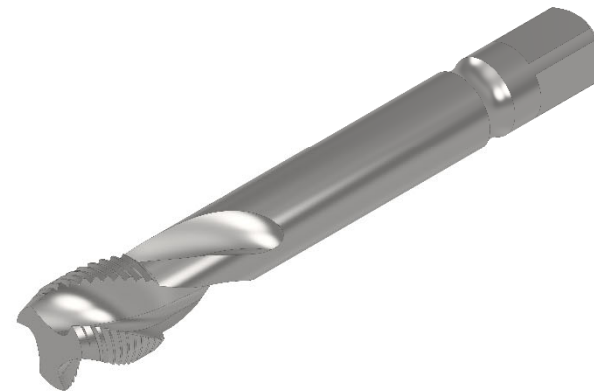
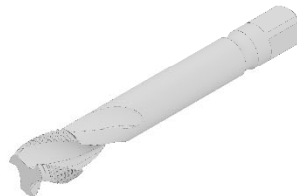
8. Наступним кроком за допомогою функції «Лопст», утворюємо затилування, та круглий масив:



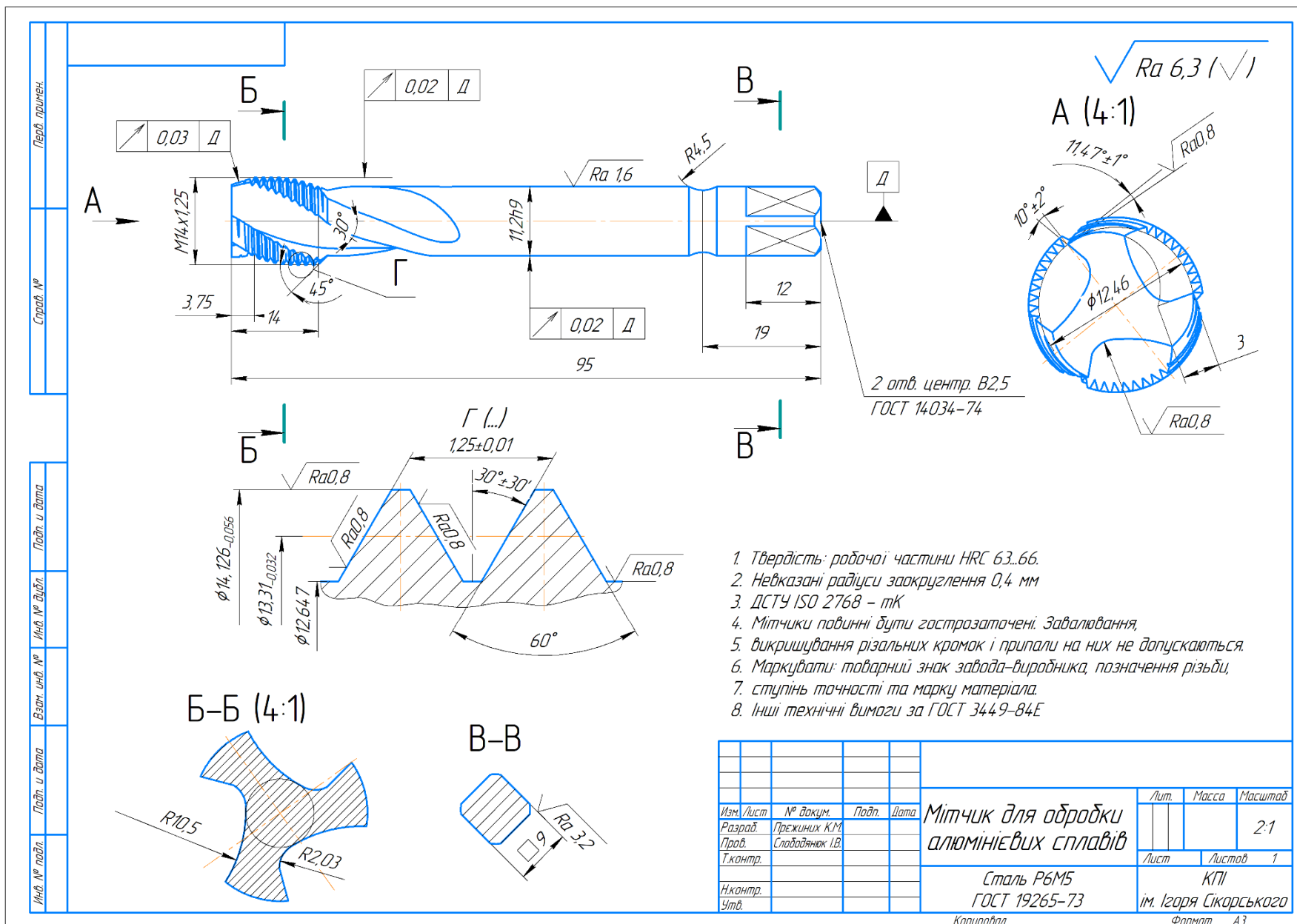
9. Тепер створюємо ескіз кромки яка утворює профіль різи:



10. Та за допомогою функцією «Пружина» утворимо її:

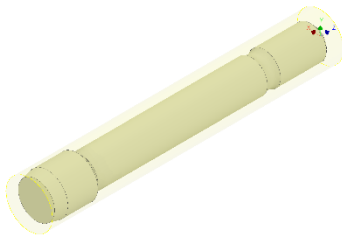


Готова 3Д модель мітчика



# Розробка керуючої програми на токарні операції з ЧПК

1-а операція

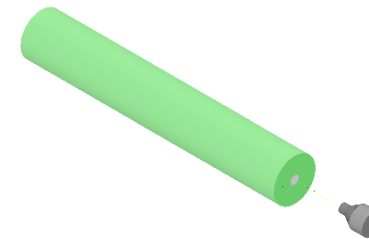


1. Підрізання торця



N14 T1 D1  
N15 G54  
N16 M8  
N17 G95  
N18 G97 S633 M3  
N19 G0 X46 Z5  
N20 G96 S91 M3  
N21 LIMS=1500  
N22 G0 Z0.4  
N23 X26  
N24 G1 X18.828 F0.127  
N25 X16 Z-1  
N26 X-16  
N27 X1228 Z0.4  
N28 G0 X26  
N29 Z-0.586

2. Свердління центрального отвору



N45 M1  
N46 T2 D1  
N47 G54  
N48 M8  
N49 G94  
N50 G97 S3670 M3  
N51 G0 X0 Z75  
N52 F7366  
N53 CYCLE805, -2.5, 5, -5.6, 1  
N54 X0  
N55 G0 Z15  
N56 M9  
N57 G53 X0

3. Чорнове точіння профілю



N58 M1  
N59 T3 D1  
N60 G54  
N61 M8  
N62 G95  
N63 G97 S809 M3  
N64 G0 X36 Z5.8  
N65 G96 S91 M3  
N66 LIMS=1500  
N67 G0 Z-19  
N68 X17.2  
N69 Z-13  
N70 X14.8  
N71 G1 Z-60.6 F0.127  
N72 X15.458  
N73 X17.458 Z-59.6  
N74 G0 Z-13  
N75 X12.4  
N76 G1 Z-60.6 F0.127  
N77 X14.8  
N78 X16.8 Z-59.6

4. Чистове точіння профілю 1



N100 M1  
N101 T4 D1  
N102 G54  
N103 M8  
N104 G95  
N105 G97 S809 M3  
N106 G0 X36 Z5  
N107 G96 S91 M3  
N108 LIMS=1500  
N109 G0 Z-21172  
N110 X15.656

5. Чистове точіння профілю 2



N118 G95  
N119 G97 S809 M3  
N120 G0 X36 Z5  
N121 G96 S91 M3  
N122 LIMS=2500  
N123 G0 Z-23.745  
N124 X15.681  
N125 G1 X11.035 F0.127  
N126 G3 X11.2 Z-19.509 B.783 K2045  
N127 G1 Z-36.17

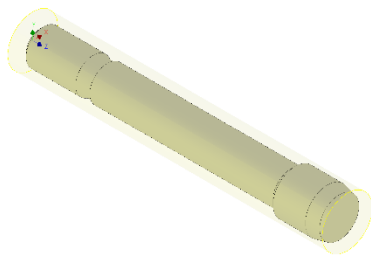
6. Відрізання



N136 M1  
N137 T5 D1  
N138 G54  
N139 M8  
N140 G95  
N141 G97 S809 M3  
N142 G0 X36 Z5  
N143 G96 S91 M3

N144 LIMS=1500  
N145 G0 Z-103.5  
N146 G1 X-16 F0.127  
N147 X36  
N148 G0 Z5  
N149 G97 S809 M3  
N150 M9  
N151 G53 X0

2-а операція

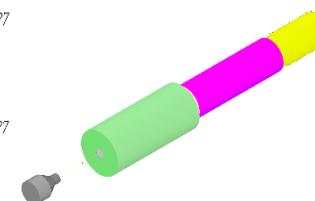


1. Підрізання торця



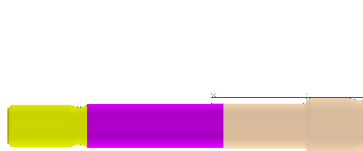
N152 M1  
N153 T1 D1  
N154 G54  
N155 M8  
N156 G95  
N157 G97 S633 M3  
N158 G0 X46 Z105  
N159 G96 S91 M3  
N160 LIMS=1500  
N161 G0 Z100.4  
N162 X26  
N163 G1 X18.828 F0.127  
N164 X16 Z99  
N165 X-16  
N166 X1228 Z100.4  
N167 G0 X26  
N168 Z99.4  
N169 G1 X18.828 F0.127  
N170 X16 Z98  
N171 X-16  
N172 X1228 Z99.4  
N173 G0 X26  
N174 Z98.94  
N175 G1 X18.828 F0.127  
N176 X16 Z97.5  
N177 X-16  
N178 X1228 Z98.94  
N179 G0 X46  
N180 Z105  
N181 G97 S633 M3  
N182 M9  
N183 G53 X0

2. Свердління центрального отвору



N184 M1  
N185 T2 D1  
N186 G54  
N187 M8  
N188 G94  
N189 G97 S3670 M3  
N190 G0 X0 Z115  
N191 F736.6  
N192 CYCLE81105, 97.5, 5, 94.4, 1  
N193 X0  
N194 G0 Z115  
N195 M9  
N196 G53 X0

3. Чорнове точіння профілю



N197 M1  
N198 T3 D1  
N199 G54  
N200 M8  
N201 G95  
N202 G97 S809 M3  
N203 G0 X36 Z105.8  
N204 G96 S91 M3  
N205 LIMS=1500  
N206 G0 Z98.1  
N207 X17.2  
N208 CYCLE95("START8END8", 12, 0.35, 0.7,  
0, 0.127, 0.127, 0.127, 1, 0, 0, 1)  
N209 START8  
N210 X12.5  
N211 G1 Z97.5  
N212 X14.126 Z93.75  
N213 Z83.5  
N214 X112 Z82.037  
N215 Z57.5  
N216 X16  
N217 END8  
N218 G0 X36 Z98.1  
N219 Z105.8  
N220 G97 S809 M3  
N221 M9  
N222 G53 X0

4. Чистове точіння профілю 1



N223 M1  
N224 T4 D1  
N225 G54  
N226 M8  
N227 G95  
N228 G97 S809 M3  
N229 G0 X36 Z105  
N230 G96 S91 M3  
N231 LIMS=2500  
N232 G0 Z100.53  
N233 X15.668  
N234 G1 X13.503 Z98.849 F0.127  
N235 G18 G2 X12.958 Z97.342 I1682 K-1082  
N236 G1 X14.582 Z93.596  
N237 Z83.123  
N238 X116.56 Z81.66  
N239 Z59.8  
N240 G2 X12.828 Z58.386 I2  
N241 G1 X15.656 Z56.972  
N242 G0 X36  
N243 Z105  
N244 G97 S809 M3

; %\_N\_TAP1001\_MPF  
N10 G90 G94 G18  
N11 G71  
N12 LIMS=6000  
N13 G53 G0 X0.

; Torets 1  
N14 T1 D1  
N15 G54  
N16 M8  
N17 G95  
N18 G97 S633 M3  
N19 G0 X46. Z105  
N20 G96 S91 M3  
N21 LIMS=6000  
N22 G0 Z100.414  
N23 X26.  
N24 G1 X18.828 F0.127  
N25 X16. Z99  
N26 X-1.6  
N27 X1.228 Z100.414  
N28 G0 X26.  
N29 Z99.414  
N30 G1 X18.828 F0.127  
N31 X16. Z98  
N32 X-1.6  
N33 X1.228 Z99.414  
N34 G0 X26.  
N35 Z98.914  
N36 G1 X18.828 F0.127  
N37 X16. Z97.5  
N38 X-1.6  
N39 X1.228 Z98.914  
N40 G0 X46.  
N41 Z105  
N42 G97 S633 M3  
N43 M9  
N44 G53 X0.

; Sverleniye 1  
N45 M1  
N46 T2 D1  
N47 G54  
N48 M8  
N49 G94

N50 G97 S3670 M3  
N51 G0 X0. Z115  
N52 F736.6  
N53 CYCLE81(105, 97.5, 5, 94.4, )  
N54 X0.  
N55 G0 Z115  
N56 M9  
N57 G53 X0.

; Chernovaya obrabotka profilya 1  
N58 M1  
N59 T3 D1  
N60 G54  
N61 M8  
N62 G95  
N63 G97 S809 M3  
N64 G0 X36. Z105.8  
N65 G96 S91 M3  
N66 LIMS=1500  
N67 G0 Z98.1  
N68 X17.2  
N69 Z98.7  
N70 X14.8  
N71 G1 Z39.4 F0.127  
N72 X15.458  
N73 X17.458 Z40.4  
N74 G0 Z98.7  
N75 X12.4  
N76 G1 Z39.4 F0.127  
N77 X14.8  
N78 X16.8 Z40.4  
N79 G0 Z98.7  
N80 X11.061  
N81 G1 Z97.396 F0.127  
N82 X11.9 Z96.976  
N83 Z80.413  
N84 G18 G2 Z76.587 I2.75 K-1.913  
N85 G1 Z39.4  
N86 X12.4  
N87 X14.4 Z40.4  
N88 G0 Z98.7  
N89 X9.721  
N90 G1 Z98.066 F0.127  
N91 X11.061 Z97.396  
N92 X13.061 Z98.396

N93 G0 X17.2

N94 Z98.1

N95 X36.

N96 Z105.8

N97 G97 S809 M3

N98 M9

N99 G53 X0.

; Chistovaya obrabotka profilya 1

N100 M1

N101 T4 D1

N102 G54

N103 M8

N104 G95

N105 G97 S809 M3

N106 G0 X36. Z105

N107 G96 S91 M3

N108 LIMS=1500

N109 G0 Z78.828

N110 X15.656

N111 G1 X12.828 Z77.414 F0.127

N112 G18 G2 X11.656 Z76 I1.414 K-  
1.414

N113 G1 Z39.8

N114 X15.656

N115 G0 X36.

N116 Z105

N117 G97 S809 M3

; Chistovaya obrabotka profilya 2

N118 G95

N119 G97 S809 M3

N120 G0 X36. Z105

N121 G96 S91 M3

N122 LIMS=2500

N123 G0 Z76.255

N124 X15.681

N125 G1 X11.035 F0.127

N126 G3 X11.2 Z80.491 I3.783  
K2.045

N127 G1 Z96.383

N128 X8.966 Z97.5

N129 X9.249 Z97.641

N130 X14.307

N131 G0 X36.

N132 Z105

N133 G97 S809 M3

N134 M9

N135 G53 X0.

; Otrezka 1

N136 M1

N137 T5 D1

N138 G54

N139 M8

N140 G95

N141 G97 S809 M3

N142 G0 X36. Z105

N143 G96 S91 M3

N144 LIMS=1500

N145 G0 Z-3.5

N146 G1 X-1.6 F0.127

N147 X36.

N148 G0 Z105

N149 G97 S809 M3

N150 M9

N151 G53 X0.

; Torets 2

N152 M1

N153 T1 D1

N154 G54

N155 M8

N156 G95

N157 G97 S633 M3

N158 G0 X46. Z5

N159 G96 S91 M3

N160 LIMS=1500

N161 G0 Z0.414

N162 X26.

N163 G1 X18.828 F0.127

N164 X16. Z-1

N165 X-1.6

N166 X1.228 Z0.414

N167 G0 X26.

N168 Z-0.586

N169 G1 X18.828 F0.127

N170 X16. Z-2

N171 X-1.6

N172 X1.228 Z-0.586

N173 G0 X26.  
N174 Z-1.086  
N175 G1 X18.828 F0.127  
N176 X16. Z-2.5  
N177 X-1.6  
N178 X1.228 Z-1.086  
N179 G0 X46.  
N180 Z5  
N181 G97 S633 M3  
N182 M9  
N183 G53 X0.

; Sverleniye 2

N184 M1  
N185 T2 D1  
N186 G54  
N187 M8  
N188 G94  
N189 G97 S3670 M3  
N190 G0 X0. Z15  
N191 F736.6  
N192 CYCLE81(5, -2.5, 5, -5.6, )  
N193 X0.  
N194 G0 Z15  
N195 M9  
N196 G53 X0.

; Chernovaya obrabotka profilya 2

N197 M1  
N198 T3 D1  
N199 G54  
N200 M8  
N201 G95  
N202 G97 S809 M3  
N203 G0 X36. Z5.8  
N204 G96 S91 M3  
N205 LIMS=1500  
N206 G0 Z-1.9  
N207 X17.2  
N208 CYCLE95("START8:END8",  
1.2, 0.35, 0.7, 0, 0.127, 0.127, 0.127, 1,  
0, 0, 1.)  
N209 START8:

N210 X12.5  
N211 G1 Z-2.5  
N212 X14.126 Z-6.25  
N213 Z-16.5  
N214 X11.2 Z-17.963  
N215 Z-42.5  
N216 X16.  
N217 END8:  
N218 G0 X36. Z-1.9  
N219 Z5.8  
N220 G97 S809 M3  
N221 M9  
N222 G53 X0.

; Chistovaya obrabotka profilya 3

N223 M1  
N224 T4 D1  
N225 G54  
N226 M8  
N227 G95  
N228 G97 S809 M3  
N229 G0 X36. Z5  
N230 G96 S91 M3  
N231 LIMS=2500  
N232 G0 Z0.53  
N233 X15.668  
N234 G1 X13.503 Z-1.151 F0.127  
N235 G18 G2 X12.958 Z-2.658 I1.682  
K-1.082  
N236 G1 X14.582 Z-6.404  
N237 Z-16.877  
N238 X11.656 Z-18.34  
N239 Z-40.2  
N240 G2 X12.828 Z-41.614 I2.  
N241 G1 X15.656 Z-43.028  
N242 G0 X36.  
N243 Z5  
N244 G97 S809 M3  
  
N245 M9  
N246 G53 X0.  
N247 G53 Z0  
N248 M30 %



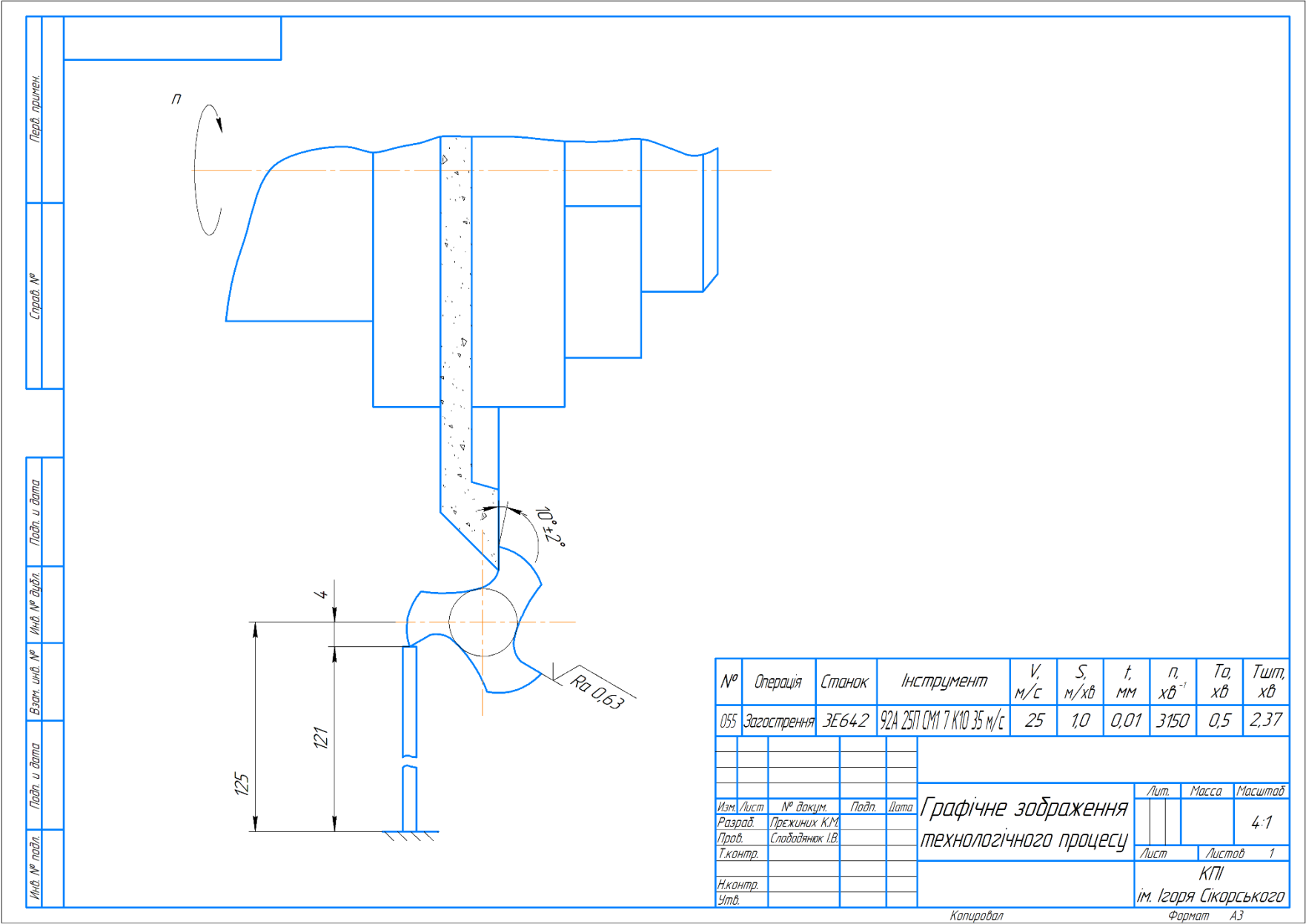


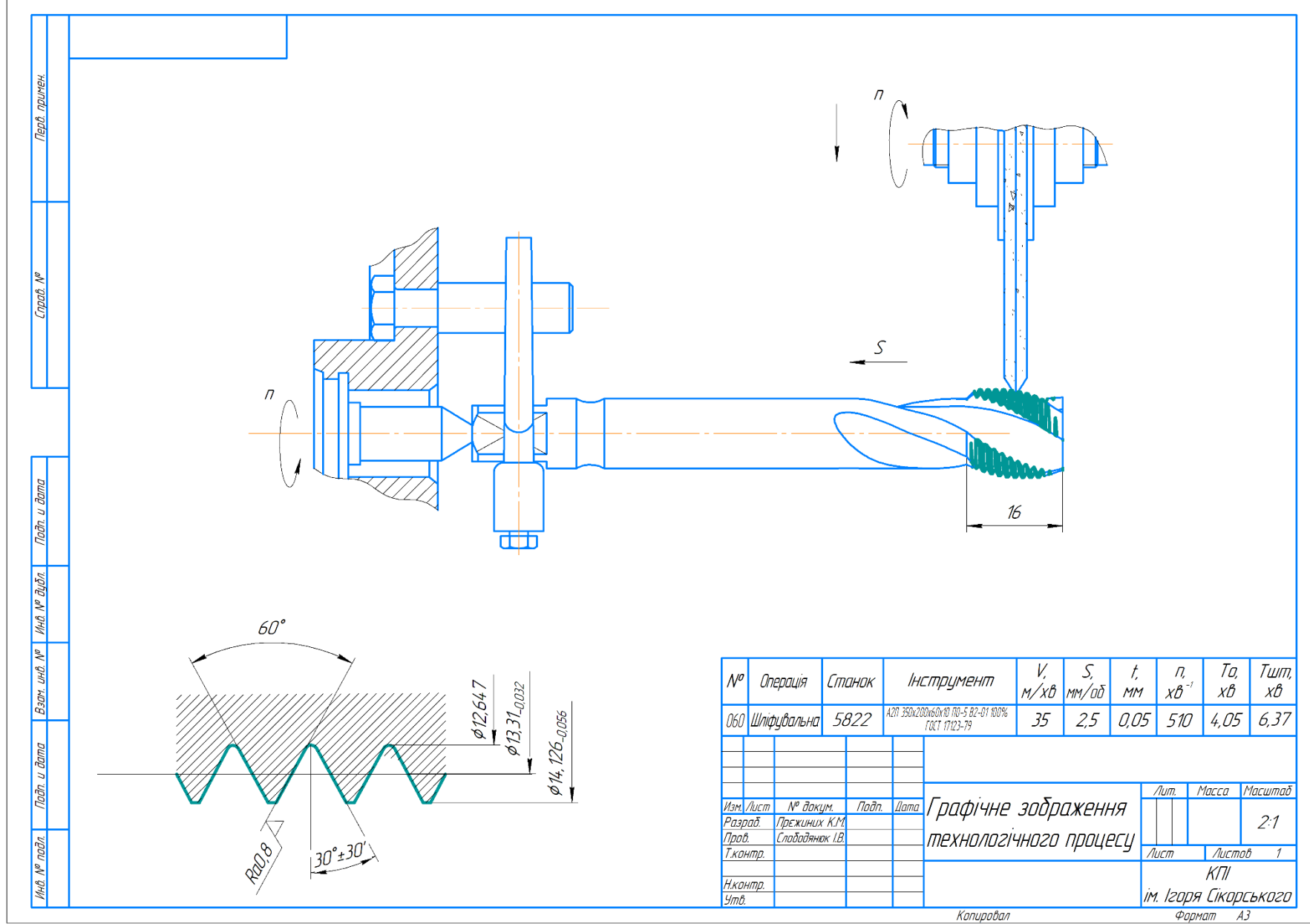
Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
		A1							
							Документация		
							Сборочный чертеж		
Справ. №						Сборочные единицы			
			1		Корпус	1			
			2		Гайка	1			
			3		Гайка	3			
			4		Шток	3			
			5		Цанга	3			
			6		Шариковий підшипник	3			
			7		Шпиндель	3			
			8		Шпонка	3			
			9		Конічна втулка	3			
			10		Кришка	1			
			11		Черв'ячне зубчасте колесо	3			
			12		Кільце	3			
			13		Гайка	3			
			14		Кришка	1			
			15		Маховик	3			
			16		Вал	1			
			17		Конічне зубчасте колесо	1			
Подп. и дата			18		Білильний диск	1			
			19		Задня бідка	1			
Инв. № подл.		Изм./лист		№ докум.	Подп.	Дата	Трехшпиндельная головка для фрезерування гвинтових канавок		
		Разраб.		Прежних К.М.					
		Пров.		Слободянюк І.В.					
		Н.контр.							
		Утв.							
Взам. инв. №							Лит. Лист Листов 1		
Подп. и дата							КПІ ім. Ігоря Сікорського		

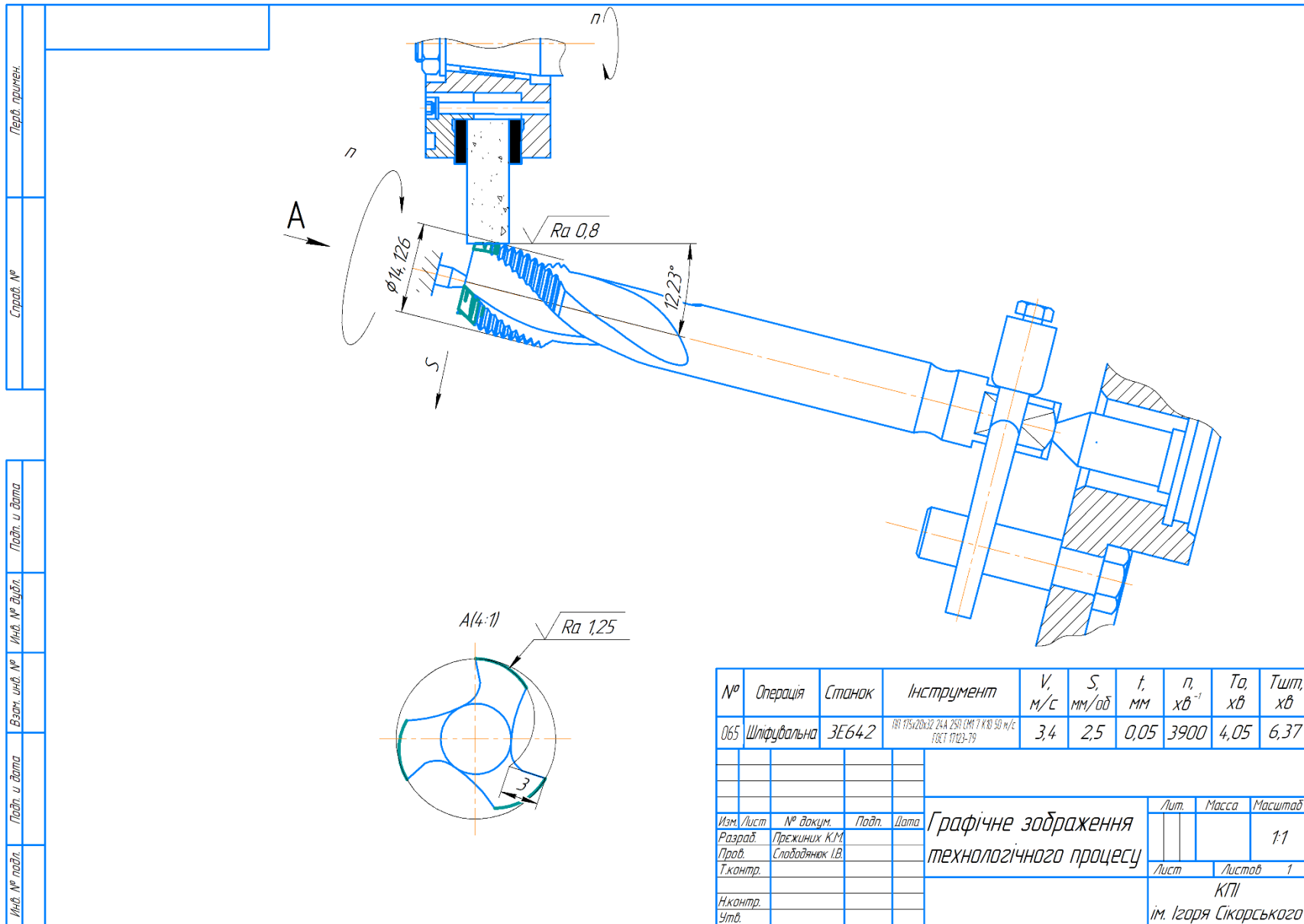
Копіював

Формат А4









Копіював

Формат А3

Дубл.														
Взам.														
Подл.														
Розроб.	Прежини х К.М.													
Перевір.	Слободя нюк І. В.													
Затв.				Мітчик для обробки алюмінієвих сплавів										
Н.контр.														
Найменування операції				Матеріал		Твердість		ЕВ	МД	Профіль й розміри			МЗ	КОВД
Фрезерна				Р6М5										
Устаткування, пристрій ЧПУ				Позначення програми		То	Тд	Тпз		Тшт	СОЖ			
6М82														
Р				ПІ	D або B		L	t	i	Sхв	n	v		
О 01	1. Встановити та закріпити заготовку в пристосування													
Т 02	Спеціальне пристосування													
03	2. Фрезерувати стружкову канавку витримуючи розмір 5.5 та кут $10^{\circ} \pm 2^{\circ}$													
04	Фреза профільна Ø50, z=14, Штангенциркуль ШЦ-1-250-0,1 мм, ГОСТ 166-89. Кутомір, ГОСТ 5378-8													
05	1 50 20 5 1 80 100 25													
06														
07														
08														
09														
10														
11														
12														
ОК														

Дубл.															
Взам.															
Подл.															
Розроб.	Прежини х К.М.														
Перевір.	Слободя нюк І. В.														
Затв.				Мітчик для обробки алюмінієвих сплавів											
Н.контр.															
Найменування операції				Матеріал			Твердість		ЕВ	МД	Профіль й розміри			МЗ	КОВД
Шліфувальна				Р6М5											
Устаткування, пристрій ЧПУ				Позначення програми			То	Тд	Тпз	Тшт	СОЖ				
5822															
Р				ПІ	D або B		L	t	i	Sхв	n	v			
О 01	1. Встановити, вивірити та закріпити заготовку														
Т 02	Повідковий патрон ГОСТ 2571-71, центр упорний ГОСТ 13214-79														
03	2. Шліфувати передню поверхню, витримати кут $10^{\circ} \pm 2^{\circ}$														
04	Круг А2П 350х200х60х10 ПО-5 В2-01 100% ГОСТ 17123-79 ,Кутомір 2УРИ (Бабчиніцера М. І.), Штангенциркуль ШЦ-1-250-0,1 мм														
05				1	150		0,05		2,5		510		35		
06															
07															
08															
09															
10															
ОК															

[illegible]



Дубл.																
Взам.																
Подл.																
Розроб.	Прежини х К.М.															
Перевір.	Слободя нюк І. В.															
Затв.				Мітчик для обробки алюмінієвих сплавів												
Н.контр.																
Найменування операції				Матеріал				Твердість		ЕВ	МД	Профіль й розміри			МЗ	КОВД
Шліфувальна				Р6М5												
Устаткування, пристрій ЧПУ				Позначення програми				То	Тд	Тпз	Тшт	СОЖ				
3Е642																
Р					ПІ	D або B		L	t	i	SXB	n	v			
О 01	5. Встановити, вивірити та закріпити заготовку															
Т 02	Повідковий патрон ГОСТ 2571-71, центр упорний ГОСТ 13214-79															
03	6. Шліфувати забірний конус, витримати кут 12,23°															
04	Круг ПП 175x20x32 24А 25П СМ1 7 К10 50 м/с ГОСТ 17123-79 ,Кутомір 2УРИ (Бабчиніцера М. І.), Штангенциркуль ШЦ-1-250-0,1 мм															
05	1				150		0,05		2,5		3900		3,4			
06																
07																
08																
09																
10																
ОК																